Wirtschaftlich nutzbare Mineralien und Kristalle, ihre Lagerstätten und ihre Bedeutung für die Berufskrankheiten

von

Siegfried Happel

aus Düsseldorf

1967

1967 № 319

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535718_0038

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. H. Valentin

Wirtschaftlich nutzbare Mineralien und Kristalle, ihre Lagerstätten und ihre Bedeutung für die Berufskrankheiten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Siegfried Happel
aus Düsseldorf

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. med. E. Wetterer
Referent: Professor Dr. med. H. Valentin
Tag der mündlichen Prüfung: 23.10.1967

Herrn Professor Dr. med. H. Valentin möchte ich für die Überlassung des Themas, für die mir stets zuteil gewordene Förderung und für die Ratschläge bei der Durchführung sowie für die Durchsicht der Arbeit herzlich danken.

Die Erkenntnis, daß mit der Berufstätigkeit mannigfache gesundheitliche Gefährdungen, bestimmte Verletzungen oder Erkrankungen verbunden sind, ist so alt wie die Entwicklung der Kultur.
Hippokrates (460 - 377 v. Chr.) bemerkt u. a.:

"Es gibt viele Handwerke und Künste,
welche denjenigen, die sie ausüben,
manche Plagen und Leiden verursachen"

----- und dem Arzt rät er:

"Vergiß nicht, an den Kranken auch die
Frage zu stellen, welche Arbeit er
ausführt!"

(Nach KOELSCH, Handbuch der Berufskrankheiten)

Inhaltsübersicht

A. Einleitung
B. Aufgabenstellung
C. Zur Mineraliensammlung
D. Fotographische Wiedergabe der Mineralien
E. Eine Übersicht der Grundstruktur und der Lagerstätten
F. Eine kurzgefaßte Klinik von 14 Berufskrankheiten, welche durch Mineralien verursacht werden

1. Erkrankungen durch Arsen oder seine Verbindungen (Ziffer 2)
2. Erkrankungen durch Blei oder seine Verbindungen (Ziffer 6)
3. Erkrankungen durch Chrom oder seine Verbindungen (Ziffer 7)
4. Erkrankungen durch Fluor oder seine Verbindungen (Ziffer 8)
5. Erkrankungen durch Kadmium oder seine Verbindungen (Ziffer 10)
6. Erkrankungen durch Mangan oder seine Verbindungen (Ziffer 12)
7. Erkrankungen durch Phosphor oder seine Verbindungen (Ziffer 14)
8. Erkrankungen durch Quecksilber oder seine Verbindungen (Ziffer 15)
9. Erkrankungen durch Thallium oder seine Verbindungen (Ziffer 20)
10. Erkrankungen durch Vanadium oder seine Verbindungen (Ziffer 21)
11. Erkrankungen der tieferen Luftwege und der Lungen durch Aluminium oder seine Verbindungen (Ziffer 29)

12. Asbeststaublungenerkrankung - A s b e s t o s e -
Asbeststaublungenerkrankung - A s b e s t o s e -
in Verbindung mit Lungenkrebs (Ziffer 30 u. 31)
13. Erkrankungen durch B e r y l l i u m oder seine Verbindungen (Ziffer 32)
14. Quarzstaublungenerkrankung - S i l i k o s e -
Quarzstaublungenerkrankung in Verbindung mit aktiver Lungentuberkulose - S i l i k o - T u b e r k u l o s e - (Ziffer 34 u. 35)

G. Vergleich der Krankheitsbilder mit den Strukturen der Mineralien
H. Zusammenfassung
I. Literaturverzeichnis

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland ist zur Zeit die Sechste Verordnung über Ausdehnung der Unfallversicherung auf Berufskrankheiten vom 28. April 1961 gültig. (Sechste Berufskrankheiten-Verordnung ---- 6. BKVO).
Diese umfaßt 47 meldepflichtige, sogenannte Listenkrankheiten bzw. Krankheitsgruppen, die nach den Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft durch besondere Einwirkungen verursacht werden und denen bestimmte Personengruppen durch ihre Arbeit in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind.
Von wenigen Ausnahmen abgesehen, unterscheiden sich die Berufskrankheiten in ihren Symptombildern kaum von Erkrankungen anderer Ursache. Auch die Therapie bleibt die gleiche. Dagegen beanspruchen die beruflich bedingten Erkrankungen eine gewisse Sonderstellung speziell in ursächlicher, differentialdiagnostischer, versicherungsmedizinischer und prophylaktischer Beziehung.

Ungefähr ein Drittel aller Berufskrankheiten wird durch gemischte (chemisch-physikalische) Einwirkung oder durch chemische Stoffe verursacht, die aus Erzen und Mineralien gewonnen werden.
Unter Mineralien versteht man die homogenen Bausteine der Erdkruste. Es sind entweder Elemente oder chemische Verbindungen mit zum Teil metallischem Aussehen. Viele stellen Ausgangsstoffe für die Metallgewinnung dar. Fast ausnahmslos treten die anorganisch-mineralischen Aufbaustoffe unserer Erdrinde, auf der sich das gesamte menschliche, tierische und pflanzliche Leben abspielt, in Paragenesen auf.
Mineral- und Erzlagerstätten verdanken ihre Entstehung nicht zufälligen Vorgängen, sie stellen vielmehr die im normal verlaufenden Gesteinsbildungsprozeß anfallenden Produkte dar.

In gewissen Stadien der Evolution, begünstigt durch bestimmte physiko-chemische Bedingungen, kommt es zu mineralischen Stoffkonzentrationen von verschiedenem Charakter. Zugleich erlangen sie eine gewisse, immerhin in den Ausmaßen noch recht variable, räumliche Beschränktheit, die man Lagerstätten nennt. Handelt es sich hierbei um eine Mineralart oder um Mineralkombinationen, die für wirtschaftliche Zwecke eine Bedeutung erlangen, so spricht man von nutzbaren Lagerstätten.

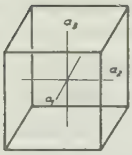
Die allermeisten Mineralien natürlichen Ursprungs sind chemische Verbindungen. Während in der organischen Welt die Zellen den Aufbau und die Funktion des Organismus besorgen, erscheinen an ihrer Stelle in der anorganischen Welt die Kristalle.

Unter Kristallen versteht man Mineralien, die von ebenen, gesetzmäßig angeordneten Flächen begrenzt sind. Der Aufbau der Kristalle ist gekennzeichnet durch die innere Anordnung von Jonen, Atomen und Molekülen, die in "Schwerpunktlagen" vorliegen (R. Brauns/K. F. Chudoba). Man spricht dabei von einem Raumgitter, das zur Gestalt des Kristalls in engster Beziehung steht. Die äußersten Atome des Raumgitters sind die sichtbaren Flächen, Kanten und Ecken des Kristalls. Nach der Anordnung und Anzahl der optischen Achsen, die man durch einen Kristall legen kann, unterscheidet man 7 Kristallsysteme:

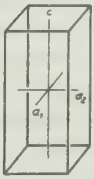
1. Kubisches (reguläres) System
2. Tetragonales (quadratisches) System
3. Rhombisches System
4. Monoklines System
5. Triklines System
6. Hexagonales System
7. Trigonales (hexagonal-rhomboedrisches) System

Eine graphische Darstellung der Kristallsysteme befindet sich auf Seite 5.

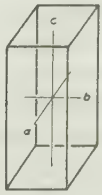
Für die verschiedenen Kristallsysteme gelten folgende Achsenkreuze:



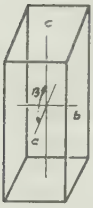
Kubisches System,
drei gleiche, aufeinander senkrechte Hauptachsen
a_1 a_2 a_3



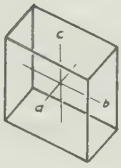
Tetragonales System,
zwei gleiche, aufeinander senkrechte Nebenachsen und senkrecht dazu eine dritte, von jenen verschiedene Hauptachse
a_1 a_2 c



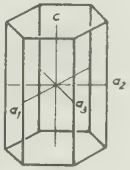
Rhombisches System,
drei ungleiche, aufeinander senkrechte Achsen
a b c



Monoklines System,
drei ungleiche Achsen; zwei (a, c) schneiden sich unter schiefem Winkel, die dritte (b) steht auf beiden senkrecht



Triklines System,
drei ungleiche, unter schiefen Winkeln sich schneidende Achsen
a b c



Hexagonales und trigonales System
Hexagonales System, drei gleiche Nebenachsen, die sich in einer Ebene unter 120° schneiden, und senkrecht dazu eine vierte, von jenen verschiedene Hauptachse
a_1 a_2 a_3 c
Trigonales System, Achsenkreuz des hexagonalen; die Flächenformen werden aber durch eine dreizählige Hauptachse beherrscht (Die Hauptachse des hexagonalen Kristallsystems ist sechszählig).

Aufgabenstellung

Zahlreiche Mineralien dienen in der Industrie als Ausgangsmaterial zur Gewinnung chemischer Stoffe. Durch berufliche Tätigkeit können diese chemischen Stoffe schon bei ihrer Gewinnung oder auch erst bei der Weiterverarbeitung als gesundheitsgefährdende Substanzen in den menschlichen Organismus gelangen. Hier setzen sie im Gewebe und an den Organen Schäden, die eine Reihe ganz bestimmter Berufskrankheiten verursachen.
Die Aufgabe, die mir in dieser Arbeit gestellt wurde, ist, eine Zusammenstellung der Kristallsysteme der heute wesentlichen wirtschaftlich nutzbaren Mineralien durchzuführen. Dabei interessiert vor allem die Frage

1) ob bzw. inwieweit ein Zusammenhang besteht zwischen den verschiedenen Kristallsystemen der Mineralien und den Angriffspunkten der Noxen im menschlichen Organismus,-----

2) wie sich die schädigenden Substanzen auf den Organismus verteilen und ob bestimmte Organe bzw. Organsysteme bevorzugt befallen werden.

Die typischen Mineralien, welche jeweils Berufskrankheiten verursachen, sind als Farbfotos und mit ihrem Kristallsystem wiedergegeben.

Zur Mineraliensammlung

Seit ungefähr vier Jahren interessiere ich mich für die natürlich vorkommenden Mineralien, ihre Kristallsysteme und Fundstätten. In Zusammenarbeit mit meiner Frau bin ich dabei, mir durch Ankauf und Tausch eine Mineraliensammlung aufzubauen.
Sämtliche Mineralien, die als Farbfotos in dieser Dissertation gezeigt werden, stammen - mit Ausnahme des auf Seite 24

wiedergegebenen Pyrolusits - aus meiner Sammlung.
Die z. T. recht schwierigen Aufnahmen wurden dankenswerterweise von Fräulein G. Schommarz im Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg mit viel Umsicht und Sachkenntnis gemacht.
Mein besonderer Dank gilt auch an dieser Stelle nochmals folgenden Firmen und Industrieunternehmen, die mir bei der Beschaffung einiger Mineralien sowie mit wertvollen Hinweisen behilflich gewesen sind:

Ara - Quarzitwerke, Altrandsberg
Valentin Busch, Kristallquarzwerk, Schnaittenbach/Opf.
Chamotte - Unie N. V., Geldermalsen (Holland)
Duisburger Kupferhütte, Duisburg
Dynamit Nobel AG, Werk Feldmühle Lülsdorf
Eternit AG, Berlin
Jencquel & Hayn GmbH, Hamburg
Eduard Kick, Kaolin- und Quarzsandwerk, Schnaittenbach/Opf.
Natursandsteinwerk Konrad Müller, Eselsfürth
Possehl Erzgesellschaft mbH, Lübeck
Quarzsand- und Kies-Verkaufs-Gesellschaft mbH, Dörentrup (Lippe)
Taunus - Quarzit - Werke, Bad Homburg v. d. H.
Vereinigte Deutsche Kieselgurwerke KG, Breloh, Kreis Soltau

Herrn Prof. Dr. Th. Ernst, Direktor des Mineralogischen Institutes der Universität Erlangen-Nürnberg, bin ich für die Ratschläge und für den auf Seite 24 gezeigten leihweise zur Verfügung gestellten Pyrolusit zu Dank verpflichtet.

Fotographische Wiedergabe der Mineralien.
Eine Übersicht der Grundstruktur und der Lagerstätten.
Eine kurzgefaßte Klinik von 14 Berufskrankheiten, welche durch Mineralien verursacht werden.

1). Erkrankungen durch A r s e n oder seine Verbindungen. (Ziffer 2)

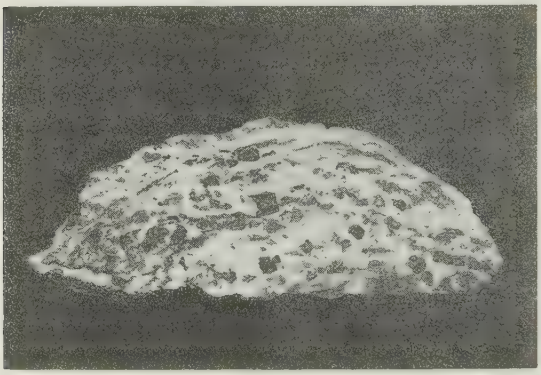


Abb. 1 Arsenkies (FeAsS), Arsengehalt ca. 46 %
Fundort: Pfaffenreuth/Opf.

Nach der Mohs'schen Härteskala besitzt der Arsenkies eine Härte von 5,5 - 6,0. Er ist dem Rhombischen Kristallsystem zuzuordnen.
Arsen kommt gelegentlich gediegen als Scherbenkobalt vor. Das weitaus häufigste Mineral zur Gewinnung von Arsen aber ist der Arsenkies (Abb. 1). Die relative Verbreitung des Arsen in der Erdkruste beträgt 5,5 mal 10^{-4} %.
Lange Zeit ist der Weltbedarf an Arsen durch die Lagerstätte von Reichenstein (Schlesien) bestritten worden. Heute ist die wichtigste Arsenlagerstätte der Welt Boliden im Skellefte Distrikt in Schweden.
In seiner reinen elementaren Form bewirkt Arsen keine

Gesundheitsschädigung. Jedoch oxydiert es leicht an der Luft und bei Kontakt mit Schweiß oder Speichel und wirkt dann als Arsenik toxisch.

Hauptsächliche Gefahrenquellen sind die Verhüttung und das Rösten arsenhaltiger Mineralien, die Herstellung von Arsenik (As_2O_3), die Verwendung arsenhaltiger Farben und Anstrichmittel (z.B. bei Schiffsböden), sowie die arsenhaltigen Ausgangsstoffe in der keramischen und Glas-Industrie. Im Weinbau ist die Arsenanwendung seit 1942 verboten.
Die Aufnahme von Arsen oder seiner Verbindungen erfolgt hauptsächlich durch die Atmungsorgane in Form von Staub oder von Sprühnebeln. Aber auch über den Magen-Darm-Trakt und u. U. durch die Haut gelangt es in den Organismus, wo es besonders in der Leber, den Nieren, den Haaren und den Nägeln gespeichert wird.

Die Wirkungsweise des Arsens beruht auf einer Störung enzymatischer Prozesse in den Zellen, wobei in erster Linie der Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel gestört sind; außerdem erfolgt bei der akuten Vergiftung eine spezifische Erweiterung der Blutkapillaren des Bauchraumes.
Die Arsenwasserstoff- (AsH_3) Aufnahme führt zu Blutbildveränderungen im Sinne einer Methämoglobinbildung und Hämolyse.
Von weitaus größerer Bedeutung aber für die Beurteilung als Berufskrankheit ist die chronische Arsenvergiftung, die ein vielseitiges Krankheitsbild zeigt und sich in 4 Symptome-Gruppen zusammenfassen läßt:

1). Magen- und Darmstörungen mit Appetitlosigkeit, sowie Durchfälle und kolikartige Schmerzen.

2). Hartnäckige chronische Katarrhe der Schleimhäute, Bindehautkatarrh, Bronchialkatarrh.

3). Hautveränderungen mit charakteristischen Melanomen und Hyperkeratosen, Ekzeme, Furunkulose, Haarausfall. An den Fingernägeln lassen sich sogenannte "Mees'sche Streifen" beobachten.

4). Störungen nervöser Art: Periphere Neuritis, Lähmungen mit Muskelatrophie von peripher nach zentral verlaufend, wobei die oberen und unteren Extremitäten meist symmetrisch betroffen sind.

2). Erkrankungen durch B l e i oder seine Verbindungen. (Ziffer 6)

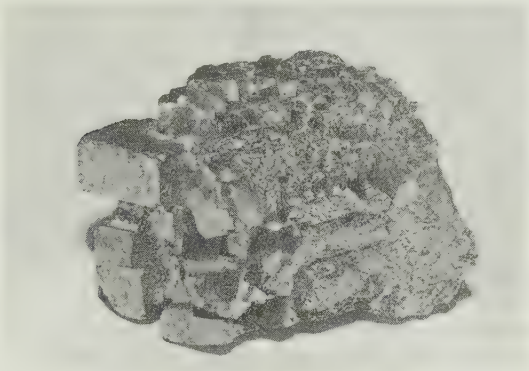


Abb. 2 Bleiglanz (PbS), Bleigehalt ca. 86,6 %
Fundort: Kansas (U.S.A.)

Dieses sehr verbreitete und wichtige, auch als Galenit bezeichnete Mineral weist einen lebhaften Metallglanz und eine bleigraue Farbe auf.

Seine Härte beträgt nach der Mohs'schen Härteskala 2,5. Es ist dem Kubischen Kristallsystem zuzuordnen. Der Bleiglanz weicht in seiner chemischen Zusammensetzung oft von der angegebenen Formel (PbS) ab, da ein nicht unbedeutender Silbergehalt vorhanden ist. In der Erdkruste ist das Blei zu 0,002 % relativ verbreitet. Es wird hauptsächlich aus Bleiglanz (Abb. 2), seltener auch aus Weißbleierz ($PbCO_3$) oder Vitriolbleierz ($PbSO_4$) gewonnen.

Während Spanien der größte Bleiproduzent, ist Deutschland der größte Bleiverbraucher Europas. In Deutschland wird es besonders in den Bergwerken des Harzes (Clausthal, St. Andreasberg), in Kärnten (Bleiberg-Kreuth, 5.000 to Blei jährlich) und in Oberschlesien (die Jahresproduktion des ganzen Bezirks beträgt 30.000 to Blei) gewonnen.

Häufig sind die Bleierze mit Zinkerzen vergesellschaftet. So findet sich eine bedeutende Lagerstätte in Broken Hill in Neu-Südwales (Australien). Die hier geförderten Erze ergeben eine jährliche Produktion von rund 70.000 to Blei. Erwähnenswert sind ferner die Lagerstätte von Leadville in Colorado, die Fundorte in Idaho, Missouri, Oklahoma und Kansas mit einer Produktion von jährlich 40.000 to Blei. Aus dem Roherz der im südlichen Missouri gelegenen Bleierz-Lagerstätte werden bei einem Bleigehalt von nur 3,4 % jährlich bis zu 200.000 to Blei gewonnen. Das entspricht mehr als 1/3 der Gesamtproduktion der U.S.A.

Weitere Lagerstätten von Bleierzen sind Miess (Mesica) im jugoslawischen Teil der Karawanken. Bei einem Bleigehalt von 11 % beträgt die Jahresproduktion ungefähr 9.000 to Blei. Die Erzgänge von Freiberg in Sachsen liefern jährlich 7.000 to Blei. In Nordafrika sind es vor allem Marokko, Tunesien und Algerien, die zusammen jährlich 125.000 to Blei produzieren.

Europas reichste Blei-Zink Vererzung zeigt Spanien. Der Gangbezirk von Linares in der östlichen Sierra Morena liefert jährlich rund 150.000 to Bleikonzentrat. Weltwirtschaftlich bedeutsam ist die Lagerstätte der Bawdwin Mine in Burma. Die Erzkörper enthalten hier einen Bleigehalt von 25 %, und die Vorräte an Blei-Zink-Erz betragen 24 Millionen to.

Das aus den Gruben geförderte Blei führt äußerst selten zu Vergiftungen, da das Blei in fester Bindung vorliegt. Eine Ausnahme bilden lediglich besonders staubige Minen, wie sie in Australien (Badham) und Nordamerika (Hamilton) vorkommen. Die eigentlichen Gefahrenquellen stellen die Bleihütten dar, in denen das Blei geschmolzen wird. Die Darstellung erfolgt in einem Röstreduktionsverfahren. Dabei wird der Bleiglanz durch Rösten in Bleioxyd überführt und dieses zu Blei reduziert.

Weitere Gefahrenquellen sind Arbeitsverfahren, bei denen Blei oder seine Verbindungen insbesondere in Staub-, Rauch- oder Dampfform auftreten. Unter anderem ist das der Fall beim Mischen und Anreiben bleihaltiger Farben in Pulverform (z.B. Bleiweiß, bleihaltiges Zinkweiß, Mennige, Bleicyanamid, Chromgelb). Dies gilt auch für die Herstellung bleihaltiger Glasuren, Emails, Dekors, Kristallgläser und die Verwendung von Bleiverbindungen als Stabilisatoren und Gleitmittel in der Kunststoffindustrie. Eine Gesundheitsschädigung kann weiterhin erfolgen beim Mischen mit Benzin in Mischanlagen (Beifügen von Bleitetraäthyl oder Bleitetramethyl als "Antiklopfmittel") und beim Reinigen der Bleibenzinlagertanks.

Die Aufnahme in den Organismus erfolgt in Staub-, Rauch- oder Dampfform hauptsächlich über die Atemwege. Demgegenüber ist die Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt und die Hautresorption von untergeordneter Bedeutung und weniger gefährlich.

Das klinische Bild bei Erkrankungen durch Blei oder seine Verbindungen ist mannigfaltig. Die akute Erkrankung tritt hinter der chronischen bzw. subchronischen fast ganz zurück. Maßgebend für die Erkrankung sind Konzentration und Verweildauer im Blut kreisender Bleiverbindungen (sog. Bleistrom) und ihre Löslichkeit in den Körpersäften. Die Bleialkyle haben infolge ihrer Lipoidlöslichkeit eine besondere Affinität zum Gehirn und anderen lipoidreichen Organen. Das Blei verursacht weiterhin eine Schädigung zellulärer Elemente durch Inaktivieren von Enzymen. Betroffen sind vor allem der Porphyrinstoffwechsel, die Blutbildungsstätten, der Verdauungstrakt, das Gefäßsystem sowie das zentrale und periphere Nervensystem. In Verbindung mit Phosphaten wird das Blei als sogenanntes Depotblei in den Knochen abgelagert, um von dort unter Umständen wieder mobilisiert zu werden. Auch eine vorübergehende Speicherung in Leber, Milz und Nieren kommt vor.

Die Ausscheidung erfolgt im Stuhl und Urin. Ist der Organismus nicht mehr in der Lage, das über einen langen Zeitraum aufgenommene Blei abzulagern oder auszuscheiden, kommt es zu den ersten Erkrankungssymptomen. Es lassen sich 4 Stadien unterscheiden, die sich indes auch überschneiden können:

1). Klinisch stummes Vorstadium des "Bleiträgers" Im Blut findet man eine Vermehrung getüpfelter Erythrozyten, die sog. "Tüpfelzellen." Das Hämoglobin kann erniedrigt sein. Meistens ist der Bleispiegel im Blut erhöht (normal,d.h. bei beruflich nicht Exponierten etwa 0,015 - 0,035 mg/100 ml Vollblut). Seltener zeigt sich jetzt schon ein Bleisaum am äußersten Zahnfleischrand.

2). Das kritische Anfangsstadium (Präsaturnismus) Dieses Stadium ist gekennzeichnet durch allgemeine Abgeschlagenheit, Reizbarkeit sowie schwere Bleikoliken.

3). Die ausgeprägte Bleierkrankung, der "Saturnismus," geht einher mit schweren Koliken, die oft tagelang andauern. Es treten Lähmungen peripherer motorischer Nerven auf (z.B. Bleihandlähmung), sowie Anzeichen einer akuten Encephalopathie.

4). Spätkrankheiten wie Schrumpfniere oder chronische Encephalopathien.

Die Aufnahme von organisch gebundenem Blei in Form von Bleitetraäthyl (TEL) oder Bleitetramethyl (TML) kann innerhalb ganz kurzer Zeit zu einer Psychose führen und letal enden.

3). Erkrankungen durch C h r o m oder seine Verbindungen. (Ziffer 7)

Abb. 3 Chromit (Chromeisenstein) $FeCr_2O_4$, ca. 52 - 58 % Chromoxydgehalt, Fundort: Griechenland

Das nicht giftige Chrom (vom grch. chroma = "Farbe") ist ein silberweißes, glänzendes, zähes Metall. In unwägbaren Spuren bringt dieses Element die grüne Farbe des Smaragds und das Rot des Rubins hervor. In der Erdkruste ist das Chrom zu 0,033 % relativ verbreitet. Der einzige Rohstoff zur Gewinnung des Metalls Chrom ist der Chromit (Abb. 3). Er kristallisiert im Kubischen System. Seine Härte beträgt nach der Mohs-Skala 5,5.

Wirtschaftlich bedeutend sind die Chromerzflöze des Bushveld Massivs im Lydenburg-Distrikt in Südafrika. Das Fördererz hat einen Gehalt von 42 - 47 % Cr_2O_3. Zu den größten Lagerstätten der Erde gehören die von Selukwe in Südrhodesien. Im europäischen Raum nehmen die mazedonischen Lagerstätten eine hervorragende Stellung ein. Außer im Ljubotenmassiv mit den Gruben Raduša und Oraśie wird Chromerz in Mazedonien noch ge-

wonnen bei Lojane, Jeserina-Ostrovica und Valandovo. Das mazedonische Stückerz enthält 30 - 46 % Cr_2O_3. Die jährliche Produktion lag vor dem Kriege bei 50.000 to und ist während des Krieges zeitweise auf über 100.000 to gestiegen.

Sehr große Chromerzlagerstätten liegen in den Serpentinmassiven des südlichen und mittleren Ural (Kempirskaja und Saranowskaja). Die größte Chromitmasse bildet die Lagerstätte "Gigant" im Kempirskaja-Massiv. Das Erz enthält hier 52 % Cr_2O_3.

Die Hauptlieferanten für Chromerz sind die Türkei, Rußland, Südafrika, Rhodesien, Cuba, die Philippinen und Jugoslawien.

Die technisch wichtigsten Verbindungen des Chroms sind die 3-wertigen Chromisalze und die 6-wertige Chromsäure sowie deren Salze, die Chromate.

Das metallische Chrom und seine Legierungen, z.B. das Ferrochrom, bewirken kaum irgendwelche Schäden. Ebenso verhält es sich mit den Verbindungen des 3-wertigen Chroms, wie Chromalaun, Chrom-3-chlorid und -sulfat, die in der Gerberei Verwendung finden.

Die eigentlichen Gefahrenquellen gehen von den Verbindungen des 6-wertigen Chroms aus. Hierher gehören vor allem das Chromtrioxyd, welches in wäßriger Lösung Chromsäure bildet. Des weiteren die Chromate (z.B. K_2CrO_4) und die Bichromate (z.B. $K_2Cr_2O_7$). Letztere finden Verwendung in der Galvanotechnik beim Verchromen, der Oberflächenveredelung (Eloxieren), in der chemischen Industrie bei speziellen Laboratoriumsarbeiten und in der Glasindustrie. Die Chromate werden weiterhin benötigt im graphischen und fotographischen Gewerbe, zur Holzimprägnierung, in der Textilfärberei, als Zusatz von Rostschutzmitteln sowie zur Herstellung anorganischer Farbstoffe, z. B. Zinkchromat- und Bleichromatfarben. Nicht selten sind 6-wertige Chromverbindungen auch im Kleber

für Fußböden, im Auftausalz für Weichen, im Zement und in Bohrölen enthalten.

Die Aufnahme der giftigen Chromverbindungen erfolgt durch die Haut oder durch Einatmung von chromhaltigen Staub oder Dämpfen. Lokale Schäden der Haut werden durch Chromsäure und deren Salze gesetzt. Diese üben eine Ätzwirkung aus, wobei es zu kreisrunden, tiefgehenden Hautgeschwüren kommt. Sie sind umgeben von einem derben Wall und werden auch "Vogelaugen" genannt. Nicht selten werden Hautekzeme bei Maurern beobachtet, verursacht durch Spuren von Chrom, die dem Zement beigefügt sind.
Eine ganz typische und beweisende Erscheinung für eine Chromateinwirkung stellt die schmerzlose Nasenscheidewand-Perforation dar. Dabei bildet sich im knorpeligen Anteil der Nasenscheidewand an dem von Zylinderrepithel bekleideten Jakobson'schen Organ ein kleines Geschwür, aus dem sich die Septum-Perforation entwickelt. Mit Nachdruck sei auf die Entstehung eines malignen Lungentumors verwiesen. Dieser erst 1935 entdeckte Lungenkrebs ist wohl die folgenschwerste Berufskrankheit infolge chronischer Einwirkung von Chromaten auf die Bronchialschleimhaut. Nach BAADER kann die Latenzzeit bis zum Ausbruch der Krankheit 47 Jahre betragen. Die ungewöhnlich häufigen Nierenmetastasen stehen wahrscheinlich mit der Ausscheidung des Chroms durch die Nieren in Zusammenhang.
Andere charakteristische Krankheitsbilder manifestieren sich in Entzündungen des Magen- Darm-Trakts. Auch Ulcera können auftreten. Als Folge einer resorptiven Giftwirkung, z.B. nach massiver Durchtränkung der Arbeitskleidung mit 6-wertigen Chromverbindungen, sah man hämorrhagische Nephritiden entstehen.

4). Erkrankungen durch F l u o r oder seine Verbindungen. (Ziffer 8)

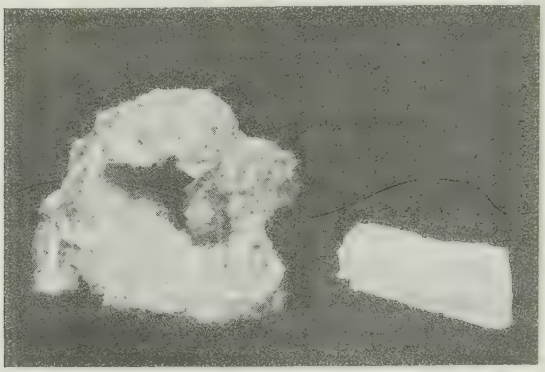


Abb. 4 links: Flußspat (CaF_2), Fundort: Wölsendorf/Opf.

rechts: Kryolith $Na_3(AlF_6)$, Fundort: Ivigtut (Westgrönland)

Freies Fluor kommt in der Natur nicht vor. Der Fluorgehalt in 1 Liter Meerwasser beträgt ungefähr 1 mg. Bei fast allen Vulkanausbrüchen werden gasförmige Fluorverbindungen freigesetzt. Die relative Verbreitung des Fluors in der Erdkruste beträgt 0,027 %.

Die technisch bedeutendsten fluorhaltigen Minerale sind der Flußspat mit ca. 48,5 % Fluor und der Kryolith mit ca. 54,2 % Fluor (Abb. 4).

Der Flußspat besitzt eine Härte von 4 und gehört dem Kubischen Kristallsystem an. Der Kryolith weist eine Härte von 2,5 - 3 auf und ist dem monoklinen Kristallsystem zuzuordnen.

Während der Kryolith fast ausschließlich in Grönland vorkommt, wird der Flußspat in nahezu allen Erdteilen

gewonnen. In der bayerischen Oberpfalz bei Wölsendorf, in England bei Durham und Derbyshire, auf Cornwall, im französischen Zentralplateau und in Illinois (U.S.A.) findet eine ansehnliche Produktion aus Gängen statt. Umfangreiche Vorräte finden sich auch in der Sowjetunion. Deutschland ist der größte Abnehmer des grönländischen Kryolith, der heute auch synthetisch hergestellt wird.

Fluor-Verbindungen finden in Industrie und Technik eine vielseitige Verwendung. Demzufolge sind auch die Vergiftungsmöglichkeiten sehr zahlreich. Von besonders toxikologischer Bedeutung ist der Fluorwasserstoff. Diese farblose Flüssigkeit ist mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar. Ihre wäßrige Lösung ist die Flußsäure. Sie wird benutzt zum Glasätzen, Glas- und Gebäudereinigen, Glasschmelzen und Mattieren von Glühlampen sowie zum Färben von Seide. Fluor-Verbindungen dienen zum Beizen, Konservieren von Holz, Zementdichten, Bleichen in Wäschereien, Elektroschweißen und zur Herstellung synthetischer Edelsteine.

Benötigt wird Flußspat in großem Umfang in Stahlwerken und in der Metallindustrie als Flußmittel. Kryolith findet seine wesentliche Verwendung in der Aluminium-, Emaille- und Glasindustrie. In Pulverform dient er als Stäubemittel gegen Pflanzenschädlinge. Eine gewisse Bedeutung erlangen auch die bei der Superphosphatfabrikation freiwerdenden flüchtigen Fluor-Verbindungen. Ihre Abgabe an die Luft ist beträchtlich. Begünstigt durch Windstille und Nebel kann daraus eine Nebelkatastrophe entstehen, wie sie sich im Jahre 1930 im Maastal ereignete. Ihr fielen innerhalb von 3 Tagen 60 Menschen wegen akuter Fluor-Vergiftung zum Opfer.

Die Aufnahme der giftigen Fluor-Verbindungen erfolgt über die Atemwege oder über den Magen-Darm-Kanal. Zu den lokalen Schädigungen zählen Ätzungen der Haut und Schleimhaut sowie schmerzhafte Eiterungen unter den Fingernägeln. Gasförmiger

Fluorwasserstoff zeigt eine starke Reizwirkung auf Augenbindehäute und Schleimhäute der Luftwege mit Nekrosenbildung. Die Degeneration der Schleimhaut kann erst 5 - 6 Stunden nach Einwirkung beginnen.

Perorale Aufnahme von Fluor-Verbindungen verursacht Magen-Darm-Kanal-Syndrome und akutes Nierenversagen. Gas- oder staubförmige Aufnahme kann zu Lungenoedemen führen.

Die chronische Form der Fluorschädigungen betrifft Veränderungen am Zahn- und Skelettsystem. An den Zähnen sieht man eine eigenartige Riffelung. Dieses charakteristische, auch als "mottled teeth" bezeichnete Bild der gesprenkelten Zähne wird nach Genuß fluorhaltigen Wassers beobachtet. Gravierender sind die osteoporotischen und noch mehr die osteosklerotischen Prozesse. Die Skeletterkrankungen werden durch die Kalzium fällende Eigenschaft der Fluor-Verbindungen erklärt. Diese werden an Kalzium gebunden und in den Knochen gespeichert. Das Röntgenbild unterscheidet 3 Stadien :

1). Aufgelockerte Knochenstrukturen mit verwaschenen Randkonturen. Es entsteht der Eindruck einer unscharfen Aufnahme.

2). Verdichtung und Verbreiterung der Spongiosabälkchen. Beginnende Verkalkung der Sehnenansätze, verbreiterte Corticalis und Verschmälerung der Markhöhle.

3). Das Röntgenbild zeigt eine Eburnisation. Die Knochenstruktur ist kaum noch zu erkennen. Vollständige Verkalkung von Sehnen und Ansatzbändern.

Zuerst betroffen von den Veränderungen sind meistens das Becken und die Lendenwirbelsäule. Nach TRUHAUT sollen giftige Fluor-Verbindungen auch Störungen der endokrinen Drüsen und degenerative Veränderungen der Leber und Nieren nach sich ziehen.

5). Erkrankungen durch K a d m i u m oder seine Verbindungen. (Ziffer 10)

Abb. 5 Pyrit (Schwefelkies) FeS_2
Fundort: Elba

Die Erdkruste weist eine relative Verbreitung des Kadmiums von 1,1 mal 10^{-5} % auf. Es ist ein ziemlich weiches formbares Metall und findet sich in der Natur meist mit anderen Metallen vergesellschaftet. Das Kadmium bzw. seine Verbindungen werden ausschließlich als Nebenprodukt bei der Verhüttung von Erzen gewonnen.

Dieser Vorgang ist zum Teil recht kompliziert. Als Ausgangsmaterial dient der Pyrit, auch Schwefelkies genannt (Abb. 5). Er besitzt eine Härte von 6 und gehört dem Kubischen Kristallsystem an.

Die Schwefelkiese werden zunächst ihrem Hauptzweck, der Schwefelsäureproduktion, zugeführt. Die dabei auftretenden Rückstände der Schwefelkiesröstöfen stellen die sog. Abbrände dar. Ihr Gehalt an Kadmium beläuft sich auf ca. 30 - 200 g/to. Bei den verarbeiteten Schwefelkiesabbränden der DUISBURGER KUPFERHÜTTE z.B. liegen die maximalen Inhalte bis zu 80 g Kd/to.

Die Hauptlagerstätten des Pyrits liegen in den Mittelmeerländern, besonders in Portugal, Griechenland, Cypern und der Türkei. Die größte Kieslagerstätte der Erde ist die von Rio Tinto (Provinz Huelva) in SW-Spanien. Weitere Pyritvorkommen finden sich in Norwegen, Finnland sowie in Kanada und im mittleren Ural.

Bedeutende Mengen von Kadmium finden Verwendung als Zusatz von Legierungen beim galvanischen Metallisieren und zur Herstellung von Akkumulatoren. Wegen seiner guten Schmelzbarkeit wird es in der Zahntechnik als Plombenmasse benutzt. Eine nicht geringe Gefahrenquelle können das Schweißen, Schmelzen und Schneiden von Metallen sein, die mit Kadmium überzogen, legiert oder verunreinigt sind.

Kadmium und seine Verbindungen werden über die Atemwege und über den Magen-Darm-Trakt als Staub oder Rauch aufgenommen. Eine Speicherung findet überwiegend in der Lunge und Leber statt.

Die Erkrankung durch Kadmium zeigt eine akute oder chronische Verlaufsform. Beim akuten Geschehen stehen nach pulmonaler Resorption Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit sowie Austrocknungsgefühl der Nase und des Halses im Vordergrund. Eingeatmeter Kadmiumstaub führt zu Tracheitis, Bronchitis, Bronchopneumonien mit Dyspnoe und Cyanose. Mitunter entwickelt sich ein tötlich verlaufendes Lungenoedem. Die seltenere perorale Aufnahme ist begleitet von Krankheitssymptomen des Magen-Darm-Trakts, wie Erbrechen, Diarrhoen und kolikartigen Schmerzen in der Magengegend.

Die chronische Vergiftung pflegt erst nach mehrjähriger Exposition aufzutreten. Sie zeichnet sich durch 4 Kardinal-Symptome aus:

1). Kadmiumschnupfen (nach BAADER). Hierbei stehen Beschwerden wie Nasenlaufen, Nasenkribbeln und Niesen im Vordergrund.

2). Der Kadmiumsaum. Er stellt ein eindeutiges Zeichen von Kadmiumaufnahme dar. Man sieht an den Zahnhälsen eine ocker- bis schwefelgelbe Verfärbung des Zahnschmelzes.

3). Der Geruchssinnverlust. Die Hyposmie bzw. Anosmie können ein erster Hinweis für die chronische Erkrankung sein.

4). Die Proteinurie. Sie wurde von dem Schweden FRIBERG zuerst entdeckt. Die elektrophoretische Untersuchung ergab, daß es sich um einen besonders kleinmolekularen Globulin-EW-Körper mit einem Molekulargewicht von 20.000 - 30.000 handelt. Der Nachweis gelingt mit der HELLER'schen Ringprobe oder der Trichloressigsäureprobe.

In fortgeschrittenen Fällen kommt es zu Gewichtsverlust, hoher Blutsenkung, Lungenemphysem und hypochromer Anaemie. Das Auftreten von Entkalkungszonen und Knochenfissuren (sog. Milkmann'sches Syndrom) wird von französischen Autoren beschrieben.

6). Erkrankungen durch M a n g a n oder seine Verbindungen.(Ziffer 12)

Abb. 6 links: Braunstein (Pyrolusit) MnO_2 ca. 63 % Mn

rechts: Kaukasischer Rohbraunstein in ungemahlenem Zustand

Mangan ist in der Natur häufig anzutreffen. Seine relative Verbreitung in der Erdkruste beträgt 0,085 %. Gediegen kommt es niemals vor. Das bedeutendste und wichtigste Mineral zur Gewinnung von Mangan ist der Braunstein (Pyrolusit) MnO_2 (Abb. 6). Er kristallisiert rhombisch und besitzt eine Härte von 2,0 - 2,5.

Umfangreiche Lagerstätten gibt es im Südkaukasus bei Tschiaturi, Nord- und Westafrika, Indien, Java sowie in Nordamerika und Brasilien. In Deutschland haben wir Vorkommen in Thüringen und im Lahntal. Das Erz wird sowohl im Tage- als auch im Untertagebau gewonnen.

In der Industrie finden Mangan und seine Verbindungen eine vielseitige Verwendung. So zur Herstellung von Legierungen wie Ferromangan, Mangankupfer, Manganzink

und Manganbronze. Die Eisenindustrie setzt es zur Desoxydation und Entschwefelung ein. Die pharmazeutische Industrie stellt Kaliumpermanganat daraus her. Es wird ferner gebraucht in der Farben-, Lack- und Trockenbatteriefabrikation sowie zur Sauerstoff- und Chlorerzeugung. Bei zahlreichen chemischen Prozessen dient Braunstein als Katalysator, und feuerfeste Materialien enthalten ihn als Oxydationsmittel.

Eine Gefährdung ist bei der Gewinnung, dem Transport, der Verarbeitung und der Verwendung von Mangan oder seinen Verbindungen gegeben. Besonderen Gefahren ausgesetzt sind die Arbeiter in den Braunsteinmühlen, wo das Material beim Sortieren, Trocknen, Vermahlen, Sieben und Abfüllen als Staub oder Rauch eingeatmet wird.

Das über die Atemwege aufgenommene Mangan ist in seiner Wirkung vornehmlich auf das Zentralnervensystem gerichtet. Vergiftungserscheinungen äußern sich in Gleichgewichtsstörungen, Maskenstarre des Gesichtes, Schwäche der Beine und unsicherem Gehen. Charakteristisch ist der sog. Steppergang. BAADER spricht von einem "Spitzentänzergang". Bewegungsstörungen verursachen eine Mikrographie. Weitere Symptome sind psychische Veränderungen, Zwangslachen und Zwangsweinen. Beobachtet wurden auch Lungenentzündungen und Lebererkrankungen.

7). Erkrankungen durch P h o s p h o r oder seine Verbindungen (Ziffer 14)

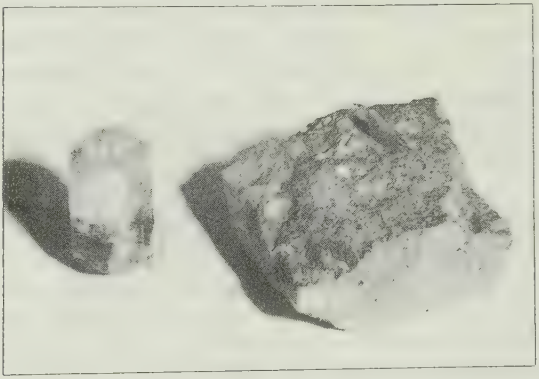


Abb. 7 links: Apatit-Kristall Ca_5-(F,OH,Cl)$(PO_4)_3$- Fundort: Durango/Mexiko

rechts: Phosphorit (phosphoritischer Kalkmergel, 10 % Ph-Gehalt, mit Haifischzahn.) Fundort: Algerien

In freiem Zustand kommt Phosphor in der Natur nicht vor. Seine relative Verbreitung in der Erdkruste beträgt 0,12 %. Die wirtschaftlich wichtigen Phosphorminerale sind:

a). der Apatit (Abb. 7 links). Er kristallisiert hexagonal und weist eine Härte von 5,0 auf. Die Apatitlagerstätten sind anorganischer Natur.

b). der Phosphorit (Abb. 7 rechts), der das Trikalziumphosphat enthält. Dabei handelt es sich um ein Gestein, das im Aussehen leicht für Kalk gehalten werden kann. Die Phosphoritlagerstätten sind organischer Entstehung. Ihre Phosphorsäure ist aus den Organen bzw. ihren

Produkten in Lösung gegangen und dann durch chemische Prozesse abgeschieden worden. Oft sind Fischzähne oder Knochen in den Phosphoriten eingeschlossen. (Abb. 7 rechts mit Haifischzahn).

Apatitlagerstätten großen Ausmaßes sind auf der russischen Halbinsel Kola gelegen. Andere Apatitgänge kennt man in Norwegen und Schweden, hier besonders die Erzbezirke von Kiruna und Gellivare. Nicht ganz so bedeutend sind die Vorkommen in den Alpen, Spanien, den U.S.A., Kanada, Bolivien und Mexiko.

Wirtschaftlich wichtiger sind die Phosphoritlagerstätten. Solche finden sich reichlich in Nordafrika, so in Marokko, Algier, Tunis und Mauretanien. Die ausgedehntesten Vorkommen lagern im westlichen Nordamerika von Utah bis Kanada. Die Vorräte hier werden auf 13 Milliarden to geschätzt. Ebenfalls gewaltige Mengen von Phosphaten werden auf Florida gewonnen. Weniger ausgedehnt, aber qualitativ sehr hochwertig, sind die von den Exkrementen unzähliger Seevögel stammenden Guano-Ablagerungen.

Phosphor und seine Verbindungen finden eine vielseitige Verwendung. Die Stahlindustrie benötigt den Phosphor als Bronze- und Eisengußzusatz. Er findet sich in Rauchgranaten und Feuerwerkskörpern. Verwendet wird er auch in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Enthalten ist er ferner in verschiedenen Rattengiften und in den Insektenvertilgungsmitteln (z.B. E 605). Phosphor-Schwefelverbindungen wie Tetraphosphortrisulfid sind ein häufiger Bestandteil der Reibflächen von Streichholzschachteln. Eine große Rolle spielen die phosphathaltigen künstlichen Düngemittel. Phosphorver-

bindungen wie Tributylphosphat, Triphenylphosphat und Trikresylphosphat werden als Weichmacher für Lacke, in der Kunststoffindustrie, als Hydraulikflüssigkeiten und für Schmier- und Lösemittel gebraucht. Von ungemeiner Giftigkeit ist der Phosphorwasserstoff. Dieses Gas entwickelt sich bei Anwesenheit von Phosphor und gleichzeitigem Auftreten von Wasserstoff, so z.B. beim Umgang mit phosphorhaltigem feuchten Ferrosilizium.

Die Aufnahme in den Organismus geschieht durch Einatmung kleinster, in Wasserdampf eingehüllter Teilchen, die bis in die Lungen gelangen. Auch Phosphorvergiftungen durch Aufnahme über die Nahrungswege kommt gelegentlich vor. Das daraus resultierende akute Krankheitsbild geht einher mit Durchfällen, Bluterbrechen, Herzschwäche sowie Leber- und Milzschwellungen. Mitunter entsteht das Krankheitsbild einer akuten gelben Leberatrophie. Als weitere Folgen der Vergiftung können Nierenparenchymschäden oder sogar ein Kreislaufversagen eintreten.

Die chronische Vergiftung mit weißem Phosphor befällt fast ausschließlich den Knochen und führt zu Veränderung im Sinne einer Osteoporose. Dieser Prozess spielt sich vorwiegend an den Kieferknochen ab und ist begleitet von Osteomyelitiden und Periostitiden, die zu Nekrosen von Knochenteilen führen können.

Der Phosphorwasserstoff entfaltet seine Giftwirkung als Nervenstoffwechsel- und Gefäßgift. Sie geht einher mit Übelkeit, Erbrechen, Kopf- und Magenschmerzen, starkem Durstgefühl. Bisweilen sieht man Schweißausbruch sowie Geh-, Sprach- und Sehstörungen. Weitere Kennzeichen sind Brustbeklemmung, Cyanose, Erregungszustände, Streckkrämpfe und tiefe Bewußtlosigkeit.

Vergiftungen durch Tributyl-, Triphenyl- und Trikresylphosphat führen zu entzündlichen und degenerativen Erkrankungen von Nerven. Spastische Symptome können zeitlebens bestehen bleiben.

Die Aufnahme von Insektiziden über die Atemwege, den Magen-Darm-Trakt oder über die Haut hat eine Hemmung bzw. Blockierung enzymatischer Funktionen zur Folge. Betroffen ist vor allem die Cholinesterase. Das Krankheitsbild ist gekennzeichnet durch Kopfschmerzen, Miosis, erhöhte Tränen- und Speichelsekretion, Bronchialspasmen, Pylorospasmus, Koliken und Durchfälle. Auch Herz- und Kreislaufstörungen kommen vor. Fibrilläre Muskelzuckungen und epileptiforme Krämpfe sowie Lungenoedem und zentrale Atemlähmung sind möglich.

8). Erkrankungen durch Q u e c k s i l b e r oder seine Verbindungen. (Ziffer 15)

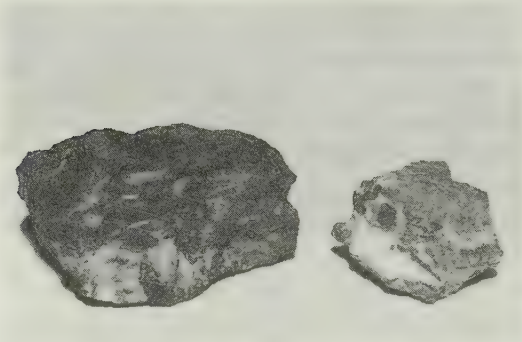


Abb. 8 links: Zinnober (HgS), Fundort: Idria/ Krain (Jugoslawien)

rechts: Silberamalgam (HgAg), Fundort: Obermoschel/Pfalz

Das Quecksilber ist ein silberglänzendes, flüssiges Metall, das schon bei Zimmertemperatur verdampft. Seine relative Verbreitung in der Erdkruste beträgt 2,7 mal 10^{-6} %.

Bisweilen kommt es in der Natur gediegen, als sog. Jungfernquecksilber, vor. Gewonnen wird es als Nebenprodukt bei der Verhüttung Quecksilber haltiger sulfidischer Zink- oder Silbererze. Darüber hinaus fällt es in Schwefelsäurefabriken im Flugstaub und Bleikammerschlamm an. Das weitaus wichtigste Quecksilbererz aber ist der Zinnober (Abb. 8). Er kristallisiert trigonal und besitzt eine Härte von 2 - 2,5.

In Europa gibt es 3 große und bedeutende Quecksilber-Lagerstätten. Die erste und zugleich reichste der Erde ist Almadén in Spanien. Sie liegt an dem Nordhang der

erzreichen Sierra Morena. Der mittlere Quecksilbergehalt des Zinnobers beträgt hier 6 %, teilweise sogar 14 - 20 %.

Die jährliche Produktion aus Almadèn und seiner Umgebung erreicht eine Höhe von 1000 - 1300 to Hg.

Die nächstwichtigste Grube ist Idria in Krain (Jugoslawien). Der Durchschnittsgehalt des Erzes liegt bei 0,7 - 1,0 % Hg. Bis zu 500 to Hg werden hier jährlich produziert.

Die dritte große Quecksilber-Lagerstätte Europas ist Monte Amiata in der Provinz Toscana (Italien). Bei einem durchschnittlichen Hg-Gehalt von 0,9 % beträgt die Jahresförderung dieser Lagerstätte zwischen 1000 und 2000 to.

Andere Gruben finden sich in Californien (New Almaden Mine und New Idria Mine) sowie in Mexiko. Früher wurde auch in Deutschland bei Obermoschel in der Pfalz Abbau betrieben.

Wegen seiner vielfachen Eigenschaften wird das Quecksilber als Arbeitsmaterial in mehr als 30 Berufszweigen benutzt. Es findet Verwendung bei der Thermometer- und Barometerfabrikation. Die Elektrotechnik benötigt es für Gleichrichter und Unterbrecher. Ferner dient es als Sperrflüssigkeit bei Wärmeregulatoren der Heizungsöfen. In großem Umfang gelangt das Quecksilber in der Vakuumtechnik zum Einsatz. Groß ist auch die Bedeutung als Katalysator zum Übertragen von Sauerstoff bei chemischen Prozessen, z.B. bei der Herstellung von Aldehyd und Essigsäure. Metallisches Quecksilber enthalten die Salben für medizinische Zwecke. In Verbindung mit anderen Metallen entstehen die Amalgame.

Anorganische Hg-Verbindungen gelangen zur Anwendung bei der Konservierung von Bauholz (sog. Kyanisieren), beim Verstärken fotographischer Platten, als Beize in Hasenhaarschneidereien und in der Haarhutindustrie.

Organische Hg-Verbindungen haben Bedeutung u.a. für die Feuerwerkerei, als Saatbeizmittel und für die pharmazeutische Industrie.

Die Aufnahme von Hg oder seiner Verbindungen geschieht vorwiegend in Dampf- oder Staubform durch die Atmung; seltener gelangt es durch die Haut oder über den Magen-Darm-Trakt in den Organismus.

Das seltene Bild einer akuten Quecksilbervergiftung im Berufsleben ist gekennzeichnet durch Salivation, Erbrechen, Harnflut, Albuminurie und Tenesmen. Die Ausscheidung von Hg durch Schweißdrüsen führt zur Dermatitis mercurialis, durch die Parotis zur Stomatitis mercurialis. Andere Symptome sind blutige Diarrhoen, Schleimhautnekrosen sowie folgenschwere Nierenfunktionsstörungen.

Die chronische Hg-Vergiftung ist vorwiegend beruflich bedingt. Sie resultiert aus einer langzeitigen Aufnahme kleinster Hg-Mengen. Am Anfang stehen unspezifische Allgemeinsymptome wie Mattigkeit, Kopf- und Gliederschmerzen. Zu ihnen gesellen sich Entzündungen des Zahnfleisches und der Mundhöhlenschleimhaut. Die Zähne lockern sich und fallen mit oder ohne Eiterung aus den Zahntaschen. Wichtige Hinweise auf eine chronische Hg-Vergiftung ergeben sich aus der Rötung des Rachenringes (dem sog. Quecksilber-Rachen), der auffallenden Trockenheit der Mundhöhle und einem Hg-Saum an Zahnfleisch und Lippen.

Als chronische Form wirkt sich die Erkrankung auf das Zentralnervensystem aus. Dies äußert sich in 2 ganz eklatanten Krankheitsbildern:

a). dem Erethismus mercurialis, einer eigenartigen Mischung von ängstlicher Befangenheit, Empfindlichkeit, hemmungsloser Erregung, die sich bis zu richtigen Tobsuchtsausbrüchen steigern kann.

b). dem Tremor mercurialis. Das Zittern beginnt oft an den Fingern, um dann in Schüttelbewegungen der Hände, Arme, des Kopfes und der Beine überzugehen.

BAADER berichtet von Kranken, die nachts im Bett angeschnallt wurden, damit sie nicht vom Tremor herausgeschleudert wurden. Pathognostisch ist die Zitterschrift der Quecksilber-Kranken.

In manchen Fällen kommt es zu Sprachstörungen mit Stottern und Verwaschensein der Sprache. Als Frühzeichen und Dauerzustand gilt das sog. Atkinson'sche Zeichen. Hierbei handelt es sich um einen rötlich-braunen Farbreflex der vorderen Linsenkapsel, der durch Hg-Einlagerung bedingt ist.

9). Erkrankungen durch T h a l l i u m oder seine Verbindungen. (Ziffer 20)

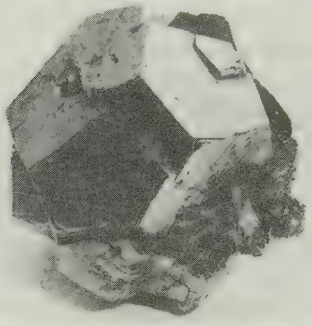


Abb. 9 Pyrit (Schwefelkies) FeS_2
Fundort: Elba

Das Schwefelkiesmineral sowie seine Hauptlagerstätten sind bereits bei den Erkrankungen durch Kadmium auf Seite 21 und 22 erwähnt und beschrieben worden. Ebenso wie das Kadmium wird auch das Thallium durch Verarbeitung der Schwefelkiesabbrände gewonnen. Die relative Verbreitung des Thalliums in der Erdkruste beträgt 1 mal 10^{-5} %.

Der größte Thallium-Hersteller in der Bundesrepublik ist die DUISBURGER KUPFERHÜTTE. Bei einem Durchsatz von 2 Millionen to Schwefelkiesabbrand werden in diesem Werk jährlich 10.000 kg Thallium produziert. Die maximalen Inhalte der hier verarbeiteten Schwefelkiesabbrände liegen bei ca. 20 g Tl/to.

Thallium wird in der Farben- und Fensterglas-Industrie benötigt. Als Thallium-3-Sulfat gelangt es bei der Schädlingsbekämpfung (z.B. Rattengift) zur Anwendung.

Die Medizin bedient sich der Thallium-Verbindungen bei der Herstellung von Enthaarungsmitteln. Die meisten Erfahrungen über die Vergiftung entstanden in den Mord- und Selbstmordfällen (z.B. "Rohrbach-Fall"). Die Dosis letalis des Thallium-3-Sulfat beträgt 1 g.

Die Aufnahme von Thallium in den Körper erfolgt über den Magen-Darm-Trakt. Für die berufliche Vergiftung kommt zum großen Teil auch die Einatmung von Dämpfen und Stäuben in Betracht.

Das Krankheitsbild äußert sich in Brechreiz und Obstipation. Beschleunigte Herzaktion und Herzbeengung treten auf. Charakteristisch sind eine periphere Polyneuritis ("burning feet") sowie eine zentralmotorische Systemstörung im Sinne einer Bulbärparalyse (u.U. Schwinden des Sehnervs). An Finger- und Zehennägeln zeigen sich hellweiße Lunulastreifen. Das erste und auffälligste Zeichen einer Thallium-Vergiftung ist jedoch ein totaler Haarausfall, der etwa 2 - 3 Wochen nach einer größeren Dosisaufnahme beginnt.

10). Erkrankungen durch V a n a d i u m oder seine Verbindungen. (Ziffer 21)

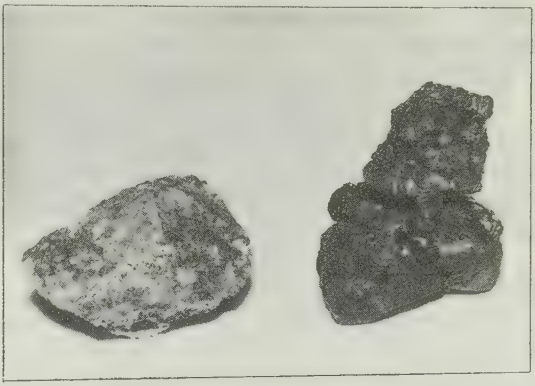


Abb. 10 links: Vanadinit Fundort: U.S.A.
rechts: Descloizit Fundort: Tsumeb/Afrika

Die relative Verbreitung des Vanadiums in der Erdkruste beträgt 0,016 %. Gewonnen wird es aus Vanadium-haltigen Erzen und Mineralien. Über die Weltvorräte liegen keine genauen Zahlen vor. Mehr und mehr jedoch wird das Vanadium als Nebenprodukt bei Verarbeitung von Ti-reichen Eisenerzen, Bauxiten und Erdölen gewonnen. Die Produktion hängt also von deren Verarbeitungsmethoden ab. Die Gewinnung aus eigenen Vanadium-Mineralien (z.B. Vanadinit und Descloizit in Abb. 10) mit vielleicht 2000 to Konzentrat liefert 10 %.

Einige der wichtigsten Vanadium-Erzmineralien sind:

a).	Vanadinit	$Pb_5 (VO_4)_3 \cdot Cl$	ca. 11 % V
b).	Descloizit	$(Pb,Zn).(PbOH).VO_4$	ca. 11 % V
c).	Carnotit	$(KCa_2(UO_2)(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$	ca. 12 % V
d).	Patronit	VS_4	ca. 30 % V

Als typisches Mineral sei der Vanadinit gewählt. Er kristallisiert hexagonal und besitzt die Härtestufe 3,0.

Bedeutende Vorräte von Vanadin-haltigen Erzen finden sich in Tahawus (New York), Otanmäki in Finnland, Taberg in Schweden sowie im Nordural und Vorder-Indien. Fördererze in Minaraga (Peru) enthalten bis zu 13 % V. Andere Vanadium-Anreicherungen kommen bei Broken Hill in Rhodesien, in Tsumeb und dem Otavi-Bergland (SW-Afrika) vor; ferner in Colorado und Ost-Utah.

Deutschland besitzt keine abbauwürdigen Vanadiumerz-Lagerstätten. Bei uns wird es aus Eisen- und Kupfererzschlacken als Vanadinschlacke gewonnen, die einen Vanadium-Gehalt von 5 - 10 % aufweist. Auch das Erdöl und gewisse Kohlearten enthalten geringe Mengen Vanadium.

In der Industrie findet Vanadium Verwendung zur Stahlhärtung durch Beimengung von Ferrovanadin. Als Katalysator dient es bei der Herstellung von Schwefelsäure sowie bei der Phthalsäurefabrikation.

Die Aufnahme von Vanadium in den Körper erfolgt hauptsächlich durch staubförmige Verbindungen über die Atmungsorgane. Von den Verbindungen haben Vanadinsäure, Vanadiumpentoxyd und Ferrovanadin praktische Bedeutung bei Erkrankungen. Der eingeatmete Staub der pulverförmigen Vanadinsäure hinterläßt starke Reizerscheinungen auf den Schleimhäuten. Bindehautentzündungen gehen meist einem Brennen und Flimmern der Augen voraus. Über ein Austrocknungsgefühl sowie Husten, Auswurf und Heiserkeit wird geklagt. Gelegentlich kommt es zu schweren Pneumonien. Als ganz charakteristisch imponiert eine grünschwarze Zungenverfärbung, die jedoch 2 - 3 Tage nach Aussetzen der Vanadiumarbeit wieder verschwindet und als Beweis einer Vanadiumaufnahme gilt.

11). Erkrankungen der tieferen Luftwege und der Lungen durch A l u m i n i u m oder seine Verbindungen. (Ziffer 29)

Abb. 11a Bauxit Fundort: Holl. Guayana
Analysenwerte: 87 bis 88 % Al_2O_3
ca. 3,0 % SiO_2
ca. 5,5 % Fe_2O_3
ca. 3,5 % TiO_2

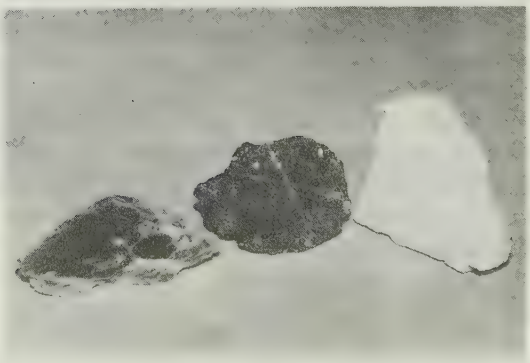


Abb. 11 b von links: Glimmer, Hornblende, Feldspat

Nach Sauerstoff und Silicium ist das Aluminium das dritthäufigste Element. Es ist in der Erdkruste zu 7,51 % relativ verbreitet. Gediegen kommt Aluminium in der Natur nicht vor. Es findet sich in Form seiner Verbindungen wie z.B. Glimmer, Hornblende oder Feldspat (Abb. 11 b). Diese Minerale lassen aber wegen ihrer Unwirtschaftlichkeit keine Aluminium-Ausbeute zu. Von geringer Bedeutung für die Aluminium-Erzeugung ist der Kryolith (Na_3AlF_6, ca. 13 % Aluminium-Gehalt) aus der fast erschöpften Lagerstätte Ivigtut in Süd-Grönland.

Als Aluminium-Erz verwertbar ist fast ausschließlich das durch chemische Verwitterung entstandene Tonerdehydrat, der Bauxit (Abb. 11 a). Dieser besteht hauptsächlich aus 2 Mineralien, dem Hydrargillit ($Al_2O_3 \cdot 3\ H_2O$) und dem Boehmit ($Al_2O_3 \cdot H_2O$), denen noch Oxyde und Hydroxyde von Fe, Mn, und Ti beigemengt sind. (Siehe Analysenwerte bei Abb. 11 a)

Die Bauwürdigkeitsgrenze von Bauxit liegt bei etwa 50 % Al_2O_3. Es werden heute im allgemeinen verhältnismäßig reiche Erze verarbeitet, deren Kieselsäuregehalt möglichst unter 4 % liegen sollte.

Nach Angaben der "DYNAMIT NOBEL - A.G." wird der in Abb. 11a gezeigte Bauxit heute allgemein für elektrothermisch in einem Reduktionsverfahren hergestellten Korund eingesetzt. Dabei entstehen u.a. ein Normalkorund "Redurit" mit der chemischen Analyse:

ca.	1,0 %	SiO_2
ca.	3,0 %	TiO_2
ca.	0,2 %	Fe_2O_3
ca.	0,1 %	CaO
ca.	95,8 %	Al_2O_3

und ein Halbedelkorund "Semirit" mit der chemischen Analyse:

ca.	0,6 %	SiO_2
ca.	1,0 %	TiO_2
ca.	0,2 %	Fe_2O_3
ca.	98,2 %	Al_2O_3

(Siehe Abb. 11 c)

Bauxite aller möglichen Vorkommen dienen als Ausgangsmaterial für kalzinierte Tonerde, die nach dem "BAYER - Ver-

fahren" hergestellt wird. Abb. 11 d zeigt die aus kalzinierter Tonerde erzeugten Edelkorunde "Bikorit" und"Dirubin".

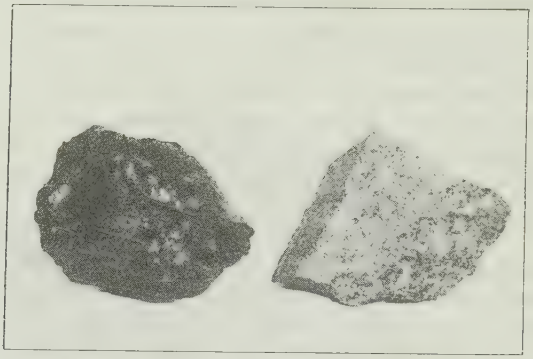


Abb. 11 c links: "Redurit"
rechts: "Semirit"

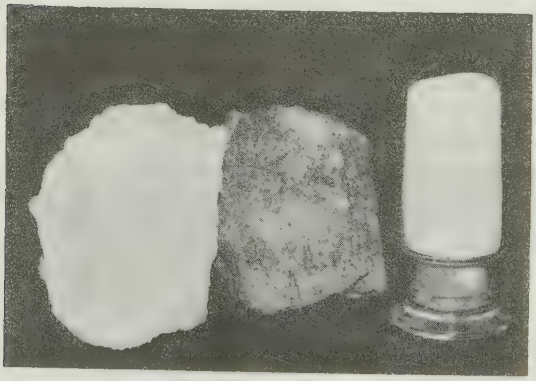


Abb. 11 d links: "Bikorit" (ca. 99,6 % Al_2O_3)
Mitte: "Dirubin"
rechts: 1 Glas kalzinierte Tonerde.

Zu den größten Bauxitlagern der Erde zählen die des Dekkan-Plateaus in Indien. Deutschland weist Bauxitlager in kleinerem Ausmaß im Westerwald, in der Rhön und am Westhang des Vogelberges in Hessen auf. Rund 60 % der Weltförderung stammen aus den Lagern in den Mittelmeerländern Europas (Les Beaux in Südfrankreich, Griechenland, Jugoslawien). Ungarn zeigt Vorkommen im Gebiet des Bakony-Waldes bei Zalahalap und im Vertes-Gebirge bei Gant. Bauxitlager befinden sich weiterhin im Ural, in Indochina sowie in Alabama und Georgia (U.S.A.). Die angeblich größten Vorkommen der Erde wurden neuerdings im westlichen Queensland am Carpentariagolf (Australien) entdeckt.

Die hauptsächlichste Krankheitsquelle ist die Herstellung von Aluminium-Feinstaub, der sog. Pyroschliff. Dabei ist das Feinstampfen, Sieben und Mischen besonders gefährlich. Auch die Fertigung von Al-Pulver durch Schmelzzerstäubung, das Ausschmelzen von Al-Oxyd (Korund) aus Bauxit sowie die Herstellung von Al-Legierungen können einen schädigenden Einfluß ausüben. Weniger pathogen ist der Umgang mit Al-Bronze-Pulver.

Aluminium oder seine Verbindungen gelangen als Staub, Rauch oder Dampf über den Atemtrakt in den Organismus. Dabei konzentriert sich das Krankheitsgeschehen ausschließlich auf die tieferen Luftwege und die Lungen. Das Al-Jon bewirkt am Ort der Ablagerung irreversible Eiweiß-Veränderungen. In der Folge kommt es dann zu einer hyalinen Degeneration, Atrophie des respiratorischen Epithels und zur Lungenfibrose. Im Jahre 1934 wurde diese Lungenerkrankung zum erstenmal von E.W. BAADER in Berlin als "Aluminium-Lunge" erkannt und festgestellt.

Subjektive Symptome der betroffenen Patienten sind Beschwerden wie trockener Husten, Auswurf, Brustschmerzen und Kurzatmigkeit. Perkutorisch und auskultatorisch ergeben sich nur wenig Anhaltspunkte für ein pathologisches Geschehen. Dagegen läßt das Röntgen-Bild anfangs eine verstärkte Netz-

zeichnung von wabenartigem Charakter erkennen.

Ein wichtiges Frühsymptom ergibt die Lungenfunktionsprüfung mit Einschränkung der Vitalkapazität und des Atemgrenzwertes. Relativ häufig wird auch ein Spontanpneumothorax, der doppelseitig und rezidivierend auftreten kann, beobachtet.

Die Latenzzeit beim Erwerb einer Al-Lunge durch Arbeiten im Aluminium-Staub kann sehr unterschiedlich sein. Im allgemeinen schwankt sie zwischen 6 Monaten und 15 Jahren. Daß auch eine Exposition von 1 bzw. 1 1/2 Jahren bereits letal verlaufen kann, ist von dem früheren Erlanger Polikliniker Geheimrat JAMIN bei 2 Patienten beobachtet und beschrieben worden.

Die fortgeschrittenen Erkrankungsfälle einer Al-Lunge sind einer erfolgreichen Behandlung kaum zugänglich; denn auch nach Verlassen des Arbeitsplatzes werden aus dem Speicher des Al-Staubes in der Lunge fortwährend Al-Jonen freigesetzt, welche eine Progression des Leidens bewirken.

12). A s b e s t staublungenerkrankung (Asbestose)
A s b e s t staublungenerkrankung (Asbestose)
in Verbindung mit Lungenkrebs. (Ziffer 30 und 31)

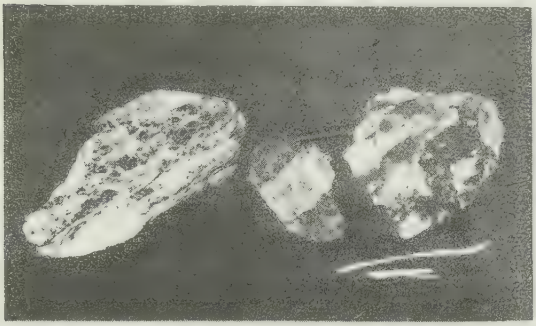


Abb. 12 links: Serpentinasbest-Schiefer
Mitte: Asbest in Serpentin
rechts: Edelserpentin sowie zwei Faserbündel Asbest

Asbest, auch Bergflachs genannt, ist ein Sammelbegriff für Magnesium- oder Eisensilikate mit Anteilen von Aluminium, Kalzium und Wasser.

Der Name Asbest kommt aus dem griechischen und bedeutet soviel wie "unauslöschlich", weil die Dochte der Tempellampen daraus bestanden. Die Asbest-Mineralien ergeben bei geeigneter Aufarbeitung technisch verwendbare Fasern. Die weitaus wichtigsten Asbeste sind:

a) Serpentinasbest (Abb. 12). Er kristallisiert monoklin und besitzt eine Härte von 3 - 4. Er ist gut spinnbar und sehr feuerfest (bis über 1500 Grad C), aber meist kurzfaserig (ca. 2 cm), alkalibeständig und relativ arm an gebundener Kieselsäure.

b) Hornblendeasbest. Er ist starr und brüchig und reich an gebundener Kieselsäure, besonders widerstandsfähig gegen Säuren, weniger gegen hohe Temperaturen (unter 1000 Grad). Die Hornblendeasbeste sind meist viel langfasiger und wegen ihrer Spröde nicht so gut spinnbar.

Die jährliche Weltförderung von Asbest beträgt annähernd 1 Million Tonnen. Etwa 90 % davon entfallen auf den Serpentin-Asbest.

Wirtschaftlich am wichtigsten sind die kanadischen Vorkommen in der Provinz Quebec bei Thetford. Die Tagbaue hier sind bis 150 m tief und werden von der Asbestos Corporation of Canada, dem größten Produzenten der Erde, ausgebeutet.

Sehr alt ist die Asbestgewinnung im Ural bei Sverdlowsk. Dieses 18 km lange und 1 km breite Serpentin-Gebirge birgt bei einem Gehalt von 2 - 4 % Rohasbest schätzungsweise 20 Millionen Tonnen.

In Europa ist der Asbest Cyperns am bekanntesten. Weitere Lagerstätten finden sich in Rhodesien bei Shabani und in Transvaal.

Die Verwendung des Asbestes ist außerordentlich vielseitig. Aus ihm werden feuerfeste und hitzeschützende Gewebe für Schutzanzüge für den Luftschutz, für Theatervorhänge hergestellt, hitze- und säurefeste Filter, Tücher, Matratzen, Isoliermaterial, Kupplungs- und Bremsbeläge und Dichtungen, die hohem Druck standzuhalten haben. Kurzfaserige Asbestarten werden unter Zusatz von Zement verwendet zur Herstellung von Bauplatten, nahtlosen Rohren und säurefesten Behältern. (z.B. "Eternit," bestehend aus 2/3 Zement und 1/3 Asbest).

Zur Aufbereitung wird das Gestein gebrochen, in Kollergängen zerkleinert, in Öffnern von Gesteinsresten getrennt und

aufgelockert, zum Teil gesiebt und gewischt. Auf Krempelmaschinen wird ein wollartiger Flor erzeugt. Auch die weitere Verarbeitung geschieht völlig textilmäßig auf Spinn- und Spulmaschinen sowie Webstühlen.

Aus den vorgenannten Verrichtungen und Verwendungen ergeben sich die Schädigungsmöglichkeiten.

Bei der Verarbeitung des Asbestes entsteht viel Staub, durch dessen Einatmung eine besondere Staublungenerkrankung, die Asbestose, erzeugt wird. Der Staub des Asbestes ist durch lange, spitze, nadelförmige Kristalle gekennzeichnet, die bis zu einer Länge von 250 µ in die tieferen Luftwege eindringen und sich dort einspießen. Die in der Lunge abgelagerten Asbest-Nadeln werden von Fremdkörperriesenzellen umlagert und allmählich von einer gelartigen Hülle umgeben. So entstehen die von FAHR schon 1915 beobachteten Asbestosekörperchen. Entscheidend für die Diagnostik ist das Ergebnis der Röntgenfilmaufnahme.

Die häufigste Komplikation der Asbestose ist der Lungenkrebs. Gelegentlich findet man auch Asbestwarzen, welche durch Einspießen von Asbestnadeln vor allem in die Finger, die Hohlhand, die Fußsohlen und -rücken sowie in die Haut der Unterarme zustande kommen.

13). Erkrankungen durch B e r y l l i u m oder seine Verbindungen. (Ziffer 32)

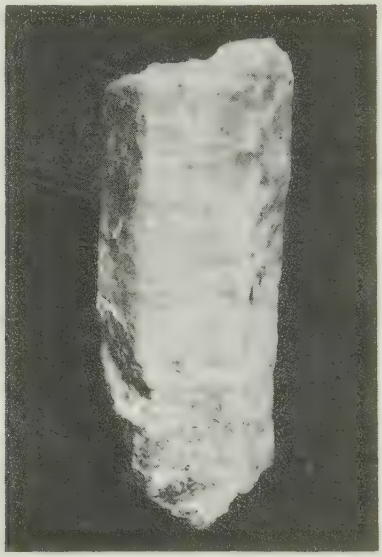


Abb. 13 Beryll $Be_3 Al_2 (SiO_3)_6$, ca. 14 % BeO bzw. 5 % Be. Fundort: Brasilien

Beryllium gehört als Metall zu den seltenen Elementen und wird aus dem Mineral Beryll, einem Beryllium-Aluminium-Silikat, gewonnen. Das Mineral kristallisiert hexagonal und besitzt eine Härte von 7,5 - 8,0.

Die relative Verbreitung des Berylliums in der Erdkruste beträgt 5 mal 10^{-4} %.

Der edle Beryll ist als Smaragd oder Aquamarin ein gesuchter Edelstein. Der Smaragd war schon im Altertum eine der größten Kostbarkeiten. Seine Farbe, das Smaragdgrün, ist bedingt durch unwägbare Spuren von Chrom und wird von keinem anderen Edelstein erreicht.

Bis zur Entdeckung Amerikas waren Smaragde äußerst selten. Dann fanden die spanischen Eroberer in den Tempeln der Azteken, Mayas und Inkas märchenhafte Schätze an Smaragden.

Wegen seiner himmelblauen Farbe ist der Aquamarin sehr begehrt. Er kommt in fehlerfreien Stücken von beträchtlicher Größe vor. Je dunkler die Farbe, desto wertvoller ist der Stein.

Im alten Rom wurden angeblich durchsichtige Berylle als Schaugläser bei Zirkusveranstaltungen verwendet, wovon die Brille ihren Namen ableitet.

Wie noch jetzt, war auch bei den Alten der Smaragd als Ringstein beliebt. Nach Herodot soll der berühmte Ring des Polykrates einen vom Samier Theodorus kunstvoll geschnittenen Smaragd enthalten haben. (Herodoti historiae 3, 41).

In historischen Studien über die medizinische Verwendung von Edelsteinen (H. FÜHNER) wird dem Smaragd ein breiter Raum gewidmet.

Bei Theophrast (372 - 287 v. Chr.) findet sich zum erstenmal eine Angabe über die medizinische Wirkung von Smaragd: "Er soll nützlich sein für die Augen." Weiter ausgeführt ist diese Bemerkung bei Plinius:"Wenn die Augen durch Anstrengung geschwächt sind, so werden sie durch das Anschauen des Smaragds wieder gestärkt, und den Augen der Steinschneider tut nichts wohler; denn des Steines sanftes Grün vertreibt die Mattigkeit derselben."

Schon umfangreicher ist die Verwendung bei Aetius (395 - 454 n.Chr.): Der Stein wird zerrieben und, mit attischem Honig vermischt, gegen Augenkrankheiten und Elephantiasis äußerlich angewendet; innerlich heilt er letztere Krankheit sogar von Grund aus.

In anderen Schriften heißt es: "Die Natur des Smaragds ist kalt und trocken; er ist ein Heilmittel gegen den Biß giftiger Tiere, bei kranken Augen und Fallsucht." Weiter wird der Stein gerühmt gegen Blutflüsse, Diarrhöen und Elephantia-

sis.

Der derbe, trübe, gemeine Beryll (Abb. 13) ist das Ausgangsmaterial für das heute in der Leichtmetallindustrie wichtig gewordene Metall Beryllium.

Er findet sich ganz überwiegend in pegmatischen Ausscheidungen, wobei er trübgraue, hexagonale Kristallsäulen von einigen Zentimetern, im Namaqua-Land (SW-Afrika) sogar von 1 - 2 m Länge bildet. Beryllpegmatite werden in den Black Hills (Dakota) und in Maine, im ehemaligen Deutsch-SW-Afrika und im Ural abgebaut. Hauptproduzenten sind derzeit Vorder-Indien (Bellore), Brasilien und Argentinien. Nach W.E. PETRASCHECK schwankt die durchschnittliche Weltjahresproduktion der letzten Jahre zwischen 5000 und 7500 to Beryll.

Berylliumoxyd findet Verwendung zur Herstellung von hochfeuerfesten Geräten und keramischen Farben, Beryllium-Fluorid zur Herstellung von Al-Schweißpulver. Berylliumnitrat wird gebraucht bei der Fertigung von Glühkörpern und Leuchtstoffen in Leuchtröhren sowie zur Herstellung von Spezialporzellan. Aus Beryllium hergestellte Federn sind nicht ermüdend und finden sich heute in Uhren, Meßinstrumenten, Radio-, Telefon- und Fernsehgeräten erster Qualitäten. Röntgen-Fenster bestehen aus reinem Beryllium-Metall, und ein Zusatz von 2 - 3 % Beryllium bei Kupfer oder Nickel bewirkt eine Stahlhärte. Auch bei der Atomenergiegewinnung und in der Raketentechnik wird Beryllium unbedingt benötigt.

Beryllium und seine Verbindungen gelangen hauptsächlich in Form von Stäuben und Dämpfen über die Atemwege in den Organismus.
Für die daraus resultierenden Erkrankungen und Schädigungen sind drei Symptome kennzeichnend:

1). Eine akute Verlaufsform, die eine schnell vorübergehende Erkrankung nach Art des bekannten Metalldampffiebers ist. Sie dauert

gewöhnlich nur 24 - 48 Stunden und verläuft unter Beteiligung von Haut- und Schleimhäuten.

2). Eine toxische Berylliumpneumonie. Sie kann im Anschluß an das erste Stadium auftreten. Das Krankheitsbild geht einher mit starker Atemnot, erhöhter Temperatur, Lippenzyanose, Gesichtsblässe und quälendem Husten. Rasselgeräusche über der Lunge stellen sich ein. Das Röntgen-Bild zeigt eine geringfügige Trübung in beiden Mittelfeldern, später kleine Fleckelungen ähnlich denen einer Miliar-TBC. Bei Fortschreiten der Krankheit bilden sich homogene Verschattungen, die von den Mittelfeldern ausgehen und auf die Ober- und Unterfelder übergreifen. Treten Leberschwellung, Nierenreizung mit Eiweiß-Ausscheidung hinzu, so ist nicht selten nach 2 - 3 Wochen ein Exitus letalis die Folge.

3). Die Berylliose, eine chronische Verlaufsform. Ihre Hauptsymptome sind ständig zunehmende Atemnot, ein hartnäckiger, trockener Husten und ein erheblicher Gewichtsverlust. Das Röntgen-Bild unterscheidet drei Stadien der Berylliose:

Das Stadium I, die sog. Sandsturmphase oder feine Grieselung.

Das Stadium II, das netzförmige Bild auf körnigem Hintergrund.

Das Stadium III, nach amerikanischer Nomenklatur Schneegestöber genannt, wobei die Körnchen einen Durchmesser von teilweise 5mm bekommen und stellenweise confluieren.

14). Q u a r z staublungenerkrankung (Silikose)
Q u a r z staublungenerkrankung in Verbindung mit aktiver Lungentuberkulose (Siliko-Tuberkulose).
(Ziffer 34 und 35)

Abb. 14 links oben: Quarzit, rechts Bimsprobe
" unten: Roher, luftgetrockneter Kieselgur und Sandstein, rechts Einkristall-Silberquarz-Kernfraktion 1,5 - 2,5 mm
In der Mitte: Bergkristall aus Madagaskar

Die Silikose oder Quarzstaublunge ist wohl die älteste Gewerbekrankheit und wird durch kieselsäurehaltige Stäube hervorgerufen.

Stäube organischer und anorganischer Herkunft treten bei der Tätigkeit in den verschiedenartigsten Berufsgruppen auf und führen zu Gesundheitsschädigungen von großem Ausmaß. Entscheidend für die arbeitsmedizinische Beurteilung sind die Menge, die Morphologie, der Feinheitsgrad, die Löslichkeit und die chemische Zusammensetzung der Stäube. Daneben sind auch Konstitution, erbliche Belastung und Lebensführung der betreffenden Personen zu berücksichtigen.

Wird relativ kieselsäurefreier Staub über längere Zeit eingeatmet, so tritt zunächst ein Staubkatarrh auf. Diesem schließen sich gewisse Veränderungen im Lungengewebe an, die ZENKER (Erlangen) 1866 als Pneumokoniosen bezeichnete.

Bei der eigentlichen Quarzstaublungenerkrankung (Silikose) treten schwere Gewebsschädigungen der Lungen mit funktionellen Folgeerscheinungen in den Vordergrund. Ihre Entwicklung ist abhängig von der Anwesenheit freier Kieselsäure (SiO_2 - Siliziumoxyd) im inhalierten Staub.

Die Gefährdung ist umso größer, je intensiver die Staubentwicklung, je größer der Anteil an lungengängigen Teilchen und je höher der Gehalt an freier Kieselsäure sind.

Die relative Verbreitung des Siliziums in der Erdkruste beträgt 25,75 %. Mineralien und Gesteine, aus denen solche Stäube bei der Gewinnung, Be- und Verarbeitung hervorgehen, sind z.B. Sandstein, Quarzit, Grauwacke, Kieselerde, Kieselschiefer, Quarzitschiefer, Granit, Porphyr, Bimstein und Kieselgur. Von besonderer Gefährlichkeit ist die freie Kieselsäure als Quarz, Tridymit und Cristobalit.

Abb. 14 zeigt eine Reihe dieser Substanzen, von denen der kristallisierte Quarz (Bergkristall) meist zu mehr als 99 % aus SiO_2 besteht. Er kristallisiert trigonal und besitzt eine Härte von 7.

Früher waren die Zentralalpen ein wichtiges Fundgebiet für Bergkristall. Heute kommt der meiste Quarz aus Minas Geraes und Giaz in Brasilien, aus Madagaskar und aus Schitomir in der Ukraine.

Der kristallisierte Quarz wird in der optischen Industrie und in der Feinmechanik benötigt. Das Hauptverwendungsgebiet aber beruht auf der piezoelektrischen Eigenschaft der

Quarzkristalle: orientiert geschnittene Quarzlamellen erfahren bei elektrischen Stromstößen minimale Deformationen und umgekehrt bewirken die Druckbeanspruchungen elektrische Ladungen. Diese Piezoquarze werden für Funktechnik und Radar sehr gesucht.

Quarzite werden in großen Mengen gefunden in den Alpen, in Böhmen, Sachsen, im Westerwald (40.000 to jährlich) und in England (Sheffield Ganister mit 95 - 97 % Kieselsäure.

Quarzitschiefer wird gefunden in Crummendorf bei Strehlen in Schlesien.

Quarzsand als Formsand wird gewonnen in Blansko (Mähren), in Polen, in Grüssau (Schlesien) und in Statzendorf (Niederösterreich.)

Als Glassand sehr geschätzt ist der Sand von Hohenbocka (Provinz Sachsen), der Sand von Habstein bei Böhmisch-Leipa und die "Melker Sande" von Melk und der Gegend von Linz an der Donau.

Bekannte Fundorte für Kieselgur sind Unterlüß, Munster und Suderberg in der Lüneburger Heide. Die gewaltigsten Kieselgurlager der Erde liegen in Californien. Bei Lompac im Santa Barbara District ist ein Lager über 300 m dick.

Silikathaltiges Material findet in der Industrie eine weit verbreitete Anwendung. Als Baustein für Glas-, Kalk- und andere Öfen ist der Quarzitschiefer geschätzt. Die Glasindustrie ist ein Großverbraucher reiner Quarzsande, die für weißes Glas sehr eisenarm sein müssen. Andere Verwendungen für Quarz bzw. Quarzsand sind die als Gebläsesand in der Metall- und Stahlindustrie, als Putzmittel für Gußstücke, Quarzmehl zur Herstellung von Siliziumkarbid, als Filtersand. Quarzmehl benötigt die Porzellan- und Steingutfabrikation sowie die Herstellung von Glasur für Emaille-Gefäße.

Kieselgur und der gemahlene windgesichtete Polierschiefer dient als Isoliermaterial, als Absorbens, z.B. für die

Verpackung von Schwefelsäureflaschen, als Träger für Katalysatoren; ferner als Füllmaterial für Gummi und auch als feinstes Schleifmittel.

Silikogener Staub gelangt über die oberen Atemwege in die Lunge. Allgemeine Erkenntnis ist heute, daß im wesentlichen nur Staubteilchen unter 6 µ Durchmesser überhaupt in der Lage sind, bis in die Lungenacini vorzudringen, wobei die Frage nach der Pathogenität der Fraktionen unter 0,25 µ noch keine endgültige Antwort erhalten hat. (G.WORTH)

Soweit der Staub nicht eliminiert wird, werden die silikogenen Teilchen von phagocytierenden Zellen aufgenommen, die durch den Fremdkörperreiz zur Vermehrung angeregt werden. Dadurch entstehen Zellgranulome.

Unter dem Einfluß von Quarz (auch einigen anderen kristallisierten SiO_2-Modifikationen z.B. Cristobalit und Tridymit) kommt es zur Phagocyten-Nekrose und damit dann zur Entwicklung zunächst spärlich argyrophilen später dann kollagenen Faserzügen bis zur Ausbildung zwiebelschalenförmig geschichteter hyalinisierter Faserknötchen und extrazellulärer Staubspeicherung im Knötchenkern. Die Mantelform der Knötchen zeigt intrazelluläre Staubspeicherung in Phagocytenformationen. Diese sogenannte Wachstumszone ist bei den reinen Silikosen schmal, bei den Mischstaubsilikosen breit angelegt. Die letzteren neigen daher leichter zur Verschmelzung mit Nachbarherden und damit zur Bildung kompakter Knoten.

Eine charakteristische Eigenart der Silikose ist darin zu erblicken, daß sie sich im allgemeinen sehr langsam entwickelt, und daß der silikotische Prozeß in den Lungen auch nach Beendigung der Staubexposition fortschreiten kann.

Eine der häufigsten Komplikationen ist die Verbindung der Silikose mit einer Lungen-Tuberkulose. Diese Kombination einer Siliko-Tuberkulose kann in allen Entwicklungsstufen vorhanden sein. Dabei beeinflussen sich Silikose und Tuberkulose gegenseitig ungünstig.

Ausschlaggebend für die Erkennung und Beurteilung der Silikose sind die röntgenologischen Untersuchungsmethoden. Die in Deutschland bisher übliche Stadieneinteilung der Silikose basiert auf der vom Internationalen Arbeitsamt auf der Internationalen Konferenz in Johannesburg im Jahre 1930 vorgeschlagenen Klassifikation. Danach unterscheidet man eine leichte, mittelgradige und schwere Silikose, bzw. das Stadium I, II, und III:

Stadium I = leichte Silikose

zeigt außer meist vergrößerten und verdichteten Hilusschatten und einer vermehrt maschenförmigen Lungenzeichnung einzelstehende Fleckchen mit einem Durchmesser von 2 - 4 mm. Sie können diffus über die Lungen verteilt sein oder sich auf begrenzte Lungenabschnitte begrenzen, wobei die mittleren und seitlichen Lungenbezirke der unteren Ober- und der oberen Untergeschosse in der Regel bevorzugt werden. Die kleinen Herdschatten liegen teils isoliert im Lungengewebe, teils finden sie sich an den Knüpfungsstellen des Gefäßnetzes. Die Lungenzeichnung ist bald dichter, bald lockerer, bald gröber, bald feiner strukturiert.

Stadium II = mittelgradige Silikose

ist gekennzeichnet durch eine ausgeprägte und schattendichtere Fleckelung und Körnelung, die sich meist diffus über alle Lungenfelder verteilt. Zu dieser Gruppe gehören auch Schneegestöber- und Schrotkornlungen. Die Größe der Herdschatten (bis zu einem Durchmesser von 6 mm) kann wechseln, obgleich meist ein bestimmter Typ vorherrscht. Die Lungenwurzeln erscheinen in vielen Fällen nicht mehr so dicht wie im Stadium I. Sobald die Knötchen zu größeren Herden zusammenschmelzen, beginnt das

Stadium III = schwere Silikose

Neben knötchenförmigen Fleckschatten treten grobe flächenhafte Schattenbildungen, Ballungen zu tumorartigen Knoten, ausgedehnte Schrumpfungserscheinungen und Emphysembildung ganz in den Vordergrund. Es kommt zu erheblichen Verziehun-

gen der Nachbarorgane (Hilen, Zwerchfelle und Mediastinum); in den Unterfeldern finden sich manchmal die nach REICHMANN benannten senkrecht vom Schwielenschatten zu den Zwerchfellkuppen verlaufenden "Regenstraßen". Die Hilusschatten sind in diesem Stadium oft auffällig klein oder ganz in größere Knoten einbezogen.

Mit dem Ausbau verbesserter Röntgenmethoden hat sich aber die oben dargelegte Stadieneinteilung der Silikose als zu weitmaschig und grob erwiesen.

Den vielfältigen röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen dürfte die in Genf im Jahre 1958 erarbeitete internationale Klassifikation besser gerecht werden als die bisher angewandte Drei-Stadien-Einteilung. Die "Genfer-Einteilung" aus dem Jahre 1958 ist auf Seite 56 in Abbildung 15 wiedergegeben.

An Silikose-Sonderformen seien noch erwähnt:

a). Die "Eierschalensilikose"
b). Das "Caplan-Syndrom" (Kombination von Silikose und Polyarthritis)
c). Die "Schneeberger Lungenkrankheit" (Kombination von Silikose und Carcinom)
d). Die akute Silikose
e). Die Scheuerpulversilikose

Internationale Klassifikation persistierender röntgenologischer Verschattungen in den Lungenfeldern verursacht durch die Inhalation von Mineralstäuben * (Genf 1958)

	keine Pneumokoniose	Verdacht auf pneumokoniotische Veränderungen	Pneumokoniose													
Schattentyp			lineare Schatten	kleine Schatten									große Schatten			
Qualität	O	Z	L	p			m			n			A	B	C	
Quantität				1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Zusätzliche Symbole	(co) / (cp)	(cv)	(di)	(em)			(hi)			(pl)			(px)		(tb)	

* Einschließlich Kohlen- und Rußstäube.

Keine Pneumokoniose	O Keine röntgenologischen Zeichen einer Pneumokoniose.
Verdächtige Schatten	Z Vermehrte Lungenzeichnung.

Pneumokoniose

Lineare Schatten	L Lineare oder retikuläre Strukturen. Dabeivermehrt oder abgeschwächt sein. kann die Lungengrundzeichnung normal,	
Kleine Schatten [1]	Die kleinen Fleckschatten werden nach dem größten Durchmesser des vorherrschenden Schattentyps benannt: p Punktförmige Schatten. Durchmesser bis 1,5 mm. m Miliare oder mikronoduläre Schatten. Durchmesser zwischen 1,5 und 3 mm. n Noduläre Schatten. Durchmesser zwischen 3 und 10 mm.	Je nach Ausdehnung und Verteilung werden die kleinen Fleckschatten in folgende Kategorien eingeteilt: *Kategorie 1:* Eine kleine Anzahl von fleckförmigen Schatten in einem Gebiet, das wenigstens zwei vordere Zwischenrippenräume, aber nicht mehr als ein Drittel beider Lungen umfaßt. *Kategorie 2:* Zahlreichere und über größere Gebiete verteilte fleckförmige Schatten als in Kategorie 1. Sie erstrecken sich über den größten Teil beider Lungen. *Kategorie 3:* Sehr zahlreiche Fleckschatten in allen oder nahezu in allen Lungenabschnitten.
Große Schatten [2]	A Eine Verschattung, deren größter Durchmesser 1 bis maximal 5 cm beträgt, oder mehrere Schatten, von denen jeder im Durchmesser größer als 1 cm ist und deren größte Durchmesser in summa 5 cm nicht überschreiten. B Eine oder mehrere Verschattungen, größer und eventuell auch zahlreicher als in der Gruppe A, deren Gesamtheit nicht mehr als ein Drittel eines Lungenfeldes bedeckt. C Eine oder mehrere Verschattungen, die sich zusammen über mehr als ein Drittel eines Lungenfeldes erstrecken.	

Zusätzliche Symbole

Vorgeschlagene zusätzliche Symbole [3]	(co)	Anomalien des Herzschattens	(hi)	Ungewöhnliche Hilusschatten
	(cp)	Chronisches Cor pulmonale	(pl)	Der Pleura zugehörige Schatten
	(cv)	Kavernen	(px)	Pneumothorax
	(di)	Distorsionserscheinungen	(tb)	Auf aktive Tuberkulose verdächtige Schatten
	(em)	Emphysem		

[1] Die Wahl der Aufeinanderfolge dieser Zahlen- bzw. Buchstabensymbole bleibt dem Untersucher überlassen.
[2] Die im Hintergrund vorhandenen kleinen Fleckschatten sollten so weit wie möglich zusätzlich beschrieben werden.
[3] Die Anwendung dieser Symbole ist freigestellt.

Abbildung 15

Vergleich der Krankheitsbilder mit den Strukturen der Mineralien

Es steht jetzt die Frage zur Diskussion, ob bzw. inwieweit ein Zusammenhang besteht zwischen den einzelnen Kristallsystemen der Mineralien und den Angriffspunkten der Noxen im menschlichen Körper.

Hierzu war es nötig, die Angriffspunkte der berufsbedingten Noxen im Organismus herauszustellen. Im einzelnen werden betroffen:

1). Nervensystem
2). Blut
3). Verdauungstrakt
4). Haut und Schleimhäute
5). Respirationstrakt
6). Zahn- und Skelettsystem
7). Enzyme und Stoffwechsel
8). Urogenitalsystem

Die Mineralien, welche die 14 besprochenen Berufskrankheiten verursachen, verteilen sich auf 5 der insgesamt 7 Kristallsysteme wie folgt:

1). Kubisches System	5 mal
2). Rhombisches System	2 mal
3). Monoklines System	2 mal
4). Hexagonales System	3 mal
5). Trigonales System	2 mal

Nicht vertreten bei den verschiedenen Mineralien sind das tetragonale und das trikline Kristallsystem.

Die Abbildung 16 zeigt eine graphische Darstellung, in welcher die Beteiligung der einzelnen Kristallsysteme an den einzelnen Erkrankungen des Organismus wiedergegeben wird.

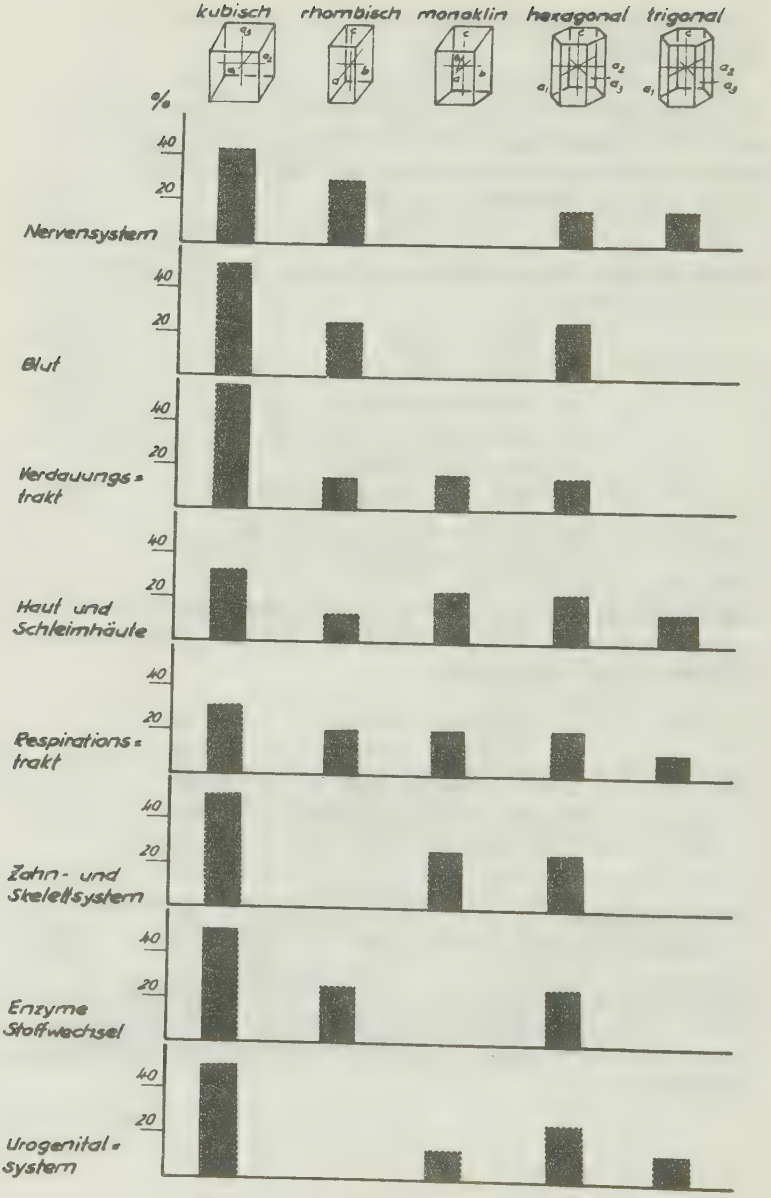


Abbildung 16

Die Häufigkeit des Vorkommens der 5 Kristallsysteme bei den in dieser Arbeit behandelten Berufskrankheiten und die Beteiligung an den gesamten Erkrankungen des Organismus ergibt sich aus Tabelle 1.

Kristallsystem	Häufigkeit des Vorkommens	Beteiligung an allen Krankheiten insgesamt
Kubisch	5 mal	43,2 %
Rhombisch	2 mal	15,2 %
Monoklin	2 mal	13,3 %
Hexagonal	3 mal	20,7 %
Trigonal	2 mal	7,6 %
		100,0 %

Tabelle 1

Die Tabelle 1 zeigt, daß die 5 Kristallsysteme verschieden häufig vorkommen.

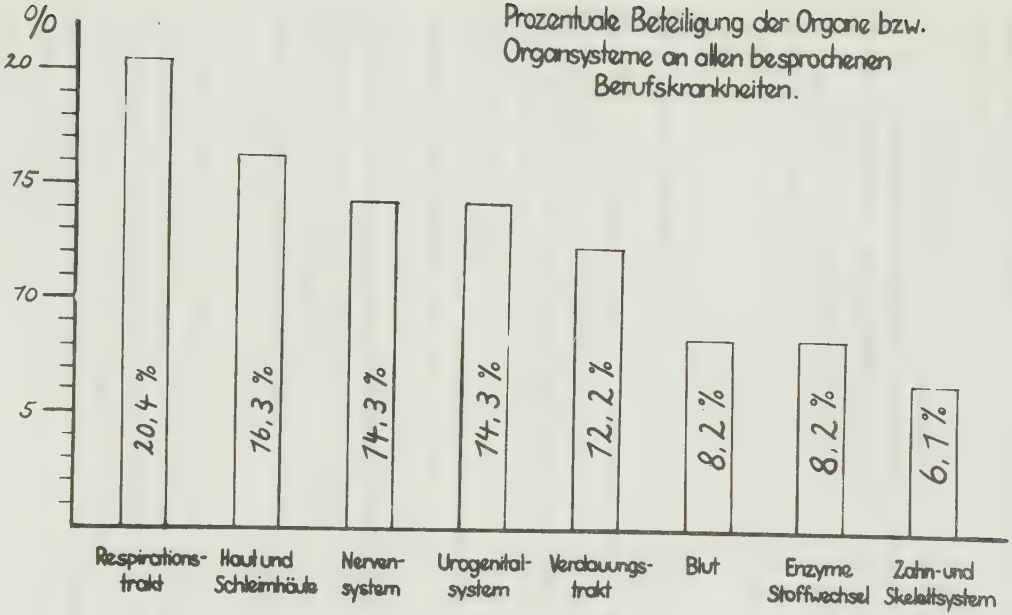
Bezogen auf die Verteilung der einzelnen Kristallsysteme an den verschiedenen Erkrankungen des Organismus in Abbildung 16 ergibt sich, daß die 5 Kristallsysteme fast gleichmäßig an jeder einzelnen Erkrankung beteiligt sind. Auf einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Kristallsystemen der Mineralien und den Angriffspunkten der Noxen im menschlichen Organismus kann somit nicht geschlossen werden.

Abschließend soll nun die Frage untersucht werden, wie sich die schädigenden Substanzen auf den Organismus verteilen und ob bestimmte Organe bzw. Organsysteme bevorzugt befallen werden.

Aus der Tabelle 2 und der Abbildung 17 ist die Häufigkeit des Befallenseins der einzelnen Organe bzw. Organsysteme zu ersehen.

Organ bzw. Organsystem	Häufigkeit des Befallenseins	Prozentuale Beteiligung
Respirationstrakt	10 mal	20,4 %
Haut und Schleimhäute	8 mal	16,3 %
Nervensystem	7 mal	14,3 %
Urogenitalsystem	7 mal	14,3 %
Verdauungstrakt	6 mal	12,2 %
Blut	4 mal	8,2 %
Enzyme und Stoffwechsel	4 mal	8,2 %
Zahn- und Skelettsystem	3 mal	6,1 %
		100,0 %

Tabelle 2



Prozentuale Beteiligung der Organe bzw. Organsysteme an allen besprochenen Berufskrankheiten.

Abbildung 17

Aus der vorstehenden Tabelle 2 und der Abbildung 17 ist zu entnehmen, daß die Noxen unterschiedlich im Organismus angreifen. Eine auffallende Bevorzugung eines Organs bzw. Organsystems ist jedoch nicht nachzuweisen.

Das relativ hohe Befallensein des Respirationstraktes sowie der Haut und Schleimhäute dürfte seine Ursache darin haben, daß diese Organe vorzugsweise als Eintrittspforte für die schädigenden Substanzen in Frage kommen.

Zusammenfassung

Ungefähr ein Drittel der 47 meldepflichtigen, sogenannten Listenkrankheiten bzw. Krankheitsgruppen wird durch gemischte (chemisch-physikalische) Einwirkung oder durch chemische Stoffe verursacht, die aus Erzen und Mineralien gewonnen werden.

Viele dieser Mineralien dienen in der Industrie als Ausgangsmaterial zur Gewinnung chemischer Substanzen. Jedes Mineral ist einem der 7 Kristallsysteme zuzuordnen.

In dieser Arbeit werden die möglichen Zusammenhänge zwischen den Kristallsystemen der Mineralien und den durch sie verursachten Berufskrankheiten untersucht.

Die Begriffe Mineralien, Lagerstätten, Kristalle und Kristallsysteme werden erläutert.

Es folgt eine Beschreibung der einzelnen Mineralien, wobei besonders auf die Vorkommen, die Gewinnung und die Verwendung in der Industrie eingegangen wird. Zu jeder Berufskrankheit ist das für sie typische Mineral als Farbfoto wiedergegeben. Am Ende jeder der 14 Berufskrankheiten wird kurz auf die Klinik und die wichtigsten Symptombilder eingegangen. Zur Feststellung eines Zusammenhanges zwischen den Strukturen der Mineralien und den Krankheitsbildern werden die Kristallsysteme den Angriffspunkten der Noxen im menschlichen Organismus gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, daß die 5 vorkommenden Kristallsysteme fast gleichmäßig an jeder einzelnen Erkrankung beteiligt sind. Auf einen Zusammenhang kann daher nicht geschlossen werden.

Bei der Aufstellung der Häufigkeit des Befallenseins der einzelnen Organe bzw. Organsysteme ist kaum ein Unterschied zu erkennen. Abgesehen vom Respirationstrakt sowie der Haut und Schleimhäute, die ja vorzugsweise als Eintrittspforte für die Noxen in Frage kommen, ist eine auffallende Bevorzugung nicht nachzuweisen.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

Baader, W.E. — Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. II. Band: Berufskrankheiten, 1. und 2. Teilband. Urban und Schwarzenberg-Verlag, Berlin-München-Wien 1961

Baader, W.E. — Berufskrankheiten, Urban und Schwarzenberg-Verlag, München-Berlin 1960

Börner, R. — Welcher Stein ist das? Tabellen zum Bestimmen der wichtigsten Mineralien, Edelsteine und Gesteine. Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller und Co., Stuttgart 1963

Brauns, R.
Chudoba, K.F. — Allgemeine Mineralogie, Sammlung Göschen Band 29/29a W. de Gruyter und Co. Verlag Berlin 1963

Buckup, H. — Taschenbuch der Arbeitsmedizin. G. Thieme-Verlag, Stuttgart 1957

Führer, H. — Lithotherapie. Historische Studien über die medizinische Verwendung der Edelsteine. K.F. Haug-Verlag, Ulm-Donau 1955

Geigy AG., J.R. — Documenta Geigy. Wissenschaftliche Tabellen. 6. Auflage. Basel 1960

Hahn, M. — Edelsteinkunde - leicht gemacht. Herausgeber: Industrie- und Handelskammer Koblenz, Außenstelle Idar-Oberstein. Druck: E. Kessler, Idar-Oberstein

Holstein, E. — Grundriß der Arbeitsmedizin. J.A. Barth-Verlag, Leipzig 1964

Huttenlocher, H. — Mineral- und Erzlagerstättenkunde I. Sammlung Göschen, Band 1014, W. de Gruyter und Co. Verlag, Berlin 1954

Huttenlocher, H.
Ramdohr, P. — Mineral- und Erzlagerstättenkunde, Band I und II, Sammlung Göschen 1014/1014a und 1015/1015a W. de Gruyter und Co. Verlag Berlin 1965

Knipping, H.W. Rink, H.	Klinik der Lungenkrankheiten F.K. Schattauer-Verlag Stuttgart 1964
Koelsch, F.	Die meldepflichtigen Berufskrankheiten. Urban und Schwarzenberg-Verlag, München-Berlin 1962
Koelsch, F.	Handbuch der Berufskrankheiten. G. Fischer-Verlag, Stuttgart 1962
Lieber, W.	Der Mineraliensammler Ottverlag, Thun/München 1966
Otto, H.	Persönliche Mitteilung Erlangen, November 1966
Otto, H.	Morphologie und pathologisch-anatomische Begutachtung der Silikose. Keramische Industrie, Würzburg 1963
Parker, R.L.	Mineralienkunde. Ottverlag, Thun/München 1963
Petrascheck, W.E.	Lagerstättenlehre. Springer-Verlag, Wien 1961
Streckeisen, A.	Minerale und Gesteine Band 70 Hallwag-Verlag, Bern und Stuttgart 1962
Valentin, H.	Die Silikose. Sonderdruck aus Klinik der Lungenkrankheiten Schattauer-Verlag, Stuttgart 1964
Valentin, H. Kann, J.	Zur Klinik und Begutachtung der Atmungsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der chronischen Verschleißkrankheiten der Lungen und der Silikose. Keramische Industrie Würzburg, Heft 12
Wagner, R. Zerlett, G.	Die Berufskrankheiten nach der 6. BKVO. W. Kohlhammer-Verlag, Köln 1964
Worth, G. Schiller, E.	Die Pneumokoniosen. Staufen-Verlag, Köln 1954

L e b e n s l a u f

Als Sohn des im Kriege gefallenen kaufmännischen Angestellten Hans H a p p e l und seiner Ehefrau Franziska, geb. Wiesehoff, wurde ich am 27. Oktober 1936 in Düsseldorf geboren.

Von Herbst 1942 bis Ostern 1947 besuchte ich die Volksschule Ober-Hüsten in Neheim-Hüsten und die Volksschule an der Gerresheimerstraße in Düsseldorf.

Von Ostern 1947 bis Ostern 1953 war ich Schüler des Staatl. altsprachlichen Görres-Gymnasiums in Düsseldorf. Mit der Obersekundareife verließ ich das Gymnasium und ergriff zunächst einen praktischen Beruf.

Nach einer dreijährigen abgeschlossenen kaufmännischen Lehre von 1953 bis 1956 war ich noch bis zum Frühjahr 1961 als kaufmännischer Angestellter tätig. Während der letzten drei Jahre meiner kaufmännischen Tätigkeit bereitete ich mich auf einer privaten Abendschule auf die Reifeprüfung vor, die ich als externer Schüler am 13. März 1961 an der Oranienschule, Gymnasium für Jungen, in Wiesbaden bestand.

Im Sommersemester 1961 begann ich mit dem Studium der Medizin in Erlangen, wo ich sechs Semester studierte und am 13. März 1964 die ärztliche Vorprüfung (Physikum) ablegte. Das erste klinische Semester studierte ich im Sommer 1964 in Erlangen, das zweite im Winter 1964/65 in Innsbruck. Seit dem Sommersemester 1965 studierte ich wieder in Erlangen.

Nach insgesamt sechs klinischen Semestern legte ich am 17. Oktober 1967 in Erlangen die ärztliche Prüfung mit der Note "gut" ab.

Nürnberg, den 18. Oktober 1967

Siegfried Happel

Offsetdruck - Fotodruck
Josef Hogl
8520 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz,) Tel. 22990

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 852 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990